

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd- Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



# MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER En :  
Télécommunications

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Par : BENSENANE INTISSAR FERAL

Sujet :

**Etude de l'atténuation de signal due aux conditions météorologiques pour les communications par satellite en bande Ku pour le service de télédiffusion**

Soutenu publiquement, le 04 / 07 / 2021, devant le jury composé de :

Mr F.T BENDIMERAD	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
Mr. S.M MERIAH	Professeur	Univ. Tlemcen	Encadrant
Mme A. GACEM	Maître de recherche B	Centre CESTS(ASAL)	Co-Encadrante
Mr M. BOUSAHLA	Maître de conférences B	Univ. Tlemcen	Examineur

---

## Remerciement

D'abord et avant tout, je remercie dieu tout puissant pour la patience, la force, la foi et la confiance qu'il m'a donnée pour accomplir ce modeste travail.

Je tiens à remercier toute personne ayant participé de loin ou de près, pour réaliser le présent travail. En particulier, mes deux encadreurs de mémoire, **Mr S.M MERIAH** et **Mme A. GACEM** qui ont suivi attentivement et activement la progression de mon travail.

Mes profonds respects et remerciements vont également aux membres du jury **Mr F. T BENDIMERAD** et **Mr M. BOUSAHLA** pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner et juger ce travail.

Ainsi, je tiens à exprimer mes respectueux remerciements au personnel de l'entreprise de télédiffusion de la station de BOUCHAOUI d'Algérie, d'avoir mis à ma disposition leurs savoirs, leurs aides et l'effort qu'ils ont fourni tout au long du déroulement de mon stage, en particulier **Mr S. MERAD**.

Je voudrais remercier également mes parents, mon mari et mes beaux-parents pour leur soutien et leurs encouragements pendant mes années d'études.

---

## Table des matières

<b>Introduction générale</b> .....	<b>1</b>
<b>Chapitre I :</b> .....	<b>2</b>
<b>Etude des normes DVB-S et DVB-S2.</b> .....	<b>2</b>
<b>I.1 Introduction :</b> .....	<b>3</b>
<b>I. 2 Les systèmes de communication par satellite :</b> .....	<b>3</b>
I. 2.1 Structure d'un satellite :.....	4
I. 2.2 Les facteurs de perturbation d'un satellite :.....	5
<b>I. 3 Principe et caractéristique d'une liaison satellitaire :</b> .....	<b>5</b>
<b>I. 4 Les orbites :</b> .....	<b>6</b>
<b>I. 5 Les bande de fréquence :</b> .....	<b>7</b>
<b>I. 6 La télédiffusion :</b> .....	<b>8</b>
<b>I. 7 Le standard DVB-S :</b> .....	<b>8</b>
<b>I. 8 Chaîne de transmission global :</b> .....	<b>9</b>
I. 8.1 Codage source :.....	9
I. 8.2 Codage canal :.....	10
I. 8.3 Convertiseur de fréquence :.....	12
I. 8.4 Amplificateur : .....	12
I. 8.5 Modulation :.....	12
<b>I. 9 Standard DVB-S2 :</b> .....	<b>13</b>
<b>I. 10 Etude comparative entre les normes DVB-S et DVB-S2 :</b> .....	<b>14</b>
<b>I. 11 Conclusion :</b> .....	<b>15</b>
<b>Chapitre II:</b> .....	<b>16</b>
<b>Etude, paramétrage et Simulation de la chaîne DVB-S/S2.</b> .....	<b>16</b>
<b>II.1 Introduction :</b> .....	<b>17</b>
<b>II.2 Traitement de la chaîne complète DVB-S/S2 :</b> .....	<b>17</b>
II.2.1 Générateur d'entier aléatoire (random integer generator) :.....	18
II.2.2 Encodeur/décodeur RS (RS Encoder/decoder) : .....	18
II.2.3 Entrelaceur/désentrelaceur Convolutionnel (convolutional interleaver/deinterleaver) :.....	19
II.2.4 Codeur convolutionnel (Convolutional encoder) :.....	19
II.2.5 QPSK modulateur/démodulateur bande de base (QPSK modulator/ demodulateur base band) : .....	19
II.2.6 Filtre de transmission/réception cosinus surélevé (Raisedcosine transmit/receivefilter) :.....	20
II.2.7 Canal à bruit additif, blanc et gaussien (AWGN) : .....	20

II.2.10 Décodeur Viterbi (Viterbi decoder) :.....	21
<b>II.3 Traitement de la chaîne complète DVB-S2 :.....</b>	<b>22</b>
II.3.1 Bloc BBFRAME Buffering :.....	23
II.3.2 Bloc d'encodeur BCH : .....	23
II.3.3 Bloc d'encodeur LDPC : .....	24
II.3.4 Bloc entrelaceur : .....	24
II.3.5 Bloc modulateur : .....	24
<b>II.4 Paramètres de mesure qualitative :.....</b>	<b>25</b>
II.4.1 Taux d'erreur de modulation (MER) :.....	25
II.4.2 Vecteur d'erreur de modulation (EVM) :.....	26
II.4.3 Mesure d'E <sub>b</sub> /N <sub>0</sub> : .....	26
II.4.4 L'effet du FEC :.....	26
II.4.5 Taux d'erreur binaire (BER) : .....	27
II.4.6 Signal sur bruit (SNR) : .....	27
<b>II.5 Étude et analyse des paramètres de mesures :.....</b>	<b>28</b>
II.5.1 Interprétation des résultats : .....	30
<b>II.6 Estimation du BER avec la modulation QPSK dans un canal AWGN avec le codage Reed-Solomon : .....</b>	<b>31</b>
<b>II.7 Estimation du BER avec codage convolutif :.....</b>	<b>32</b>
<b>II.8. Estimation du BER dans la chaîne DVB-S2 avec le codage LDPC :.....</b>	<b>33</b>
<b>II.9. Conclusion : .....</b>	<b>35</b>
<b>Chapitre III : Analyse de l'influence des conditions météorologiques sur la chaîne DVB-S/S2.</b>	<b>36</b>
.....	
<b>III.1 Introduction : .....</b>	<b>37</b>
<b>III.2 Canal à bruit blanc gaussien additif (Additive White Gaussian Noise AWGN) : .....</b>	<b>37</b>
<b>III.3 définition de L'atmosphère :.....</b>	<b>39</b>
<b>III.4 Affaiblissement due aux phénomènes météorologiques :.....</b>	<b>39</b>
<b>III.5 Contrôleur automatique de puissance de liaison montante AUPC :.....</b>	<b>40</b>
<b>III.6 Exploitation et paramétrage d'une chaîne de transmission DVB-S/S2 dans un cas de satellite ALCOMSAT-1 : .....</b>	<b>41</b>
<b>III.6.1 La partie émission de la chaîne de transmission : .....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.1.1 Sous-système encodage et multiplexage : .....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.1.2 Multiplexage : .....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.1.3 Sous-système modulation : .....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.1.4 Sous-système RF : .....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.1.4.1 AUPC : .....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.1.4.2 Mélangeur de fréquence up converter) : .....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.1.4.3 Amplificateur de puissance HPA :.....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.2 La partie réception de la chaîne de transmission :.....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.2.1 L'antenne DBS 11.3m :.....</b>	<b>42</b>
<b>III.6.2.2 translateur de fréquence (down converter) : .....</b>	<b>42</b>

---

<b>III.7 La réception et la supervision professionnelle :</b>	<b>40</b>
<b>III.8 Paramétrage de modulateur DVB-S/S2 :</b>	<b>40</b>
<b>III.9 Analyse de l'impact météorologique sur la qualité de signal de la chaîne de transmission :</b>	<b>52</b>
<b>III.10 Comparaison entre la simulation de la chaîne et sa pratique :</b>	<b>56</b>
<b>III.11 Conclusion :</b>	<b>57</b>
<i>Conclusion général</i>	<b>58</b>
<i>Annexes</i>	<b>60</b>
<i>Bibliographie</i>	<b>63</b>

---

## Liste des figures

<b>Figure I.1</b> Communication satellitaire.....	3
<b>Figure I.2</b> Schéma synoptique d'un satellite de télécommunications.....	4
<b>Figure I.3</b> Structure d'un satellite.....	5
<b>Figure I.4</b> Les différentes orbites de la terre.....	7
<b>Figure I.5</b> Principe d'une chaîne de transmission numérique.....	9
<b>Figure I.6</b> Fonctionnement codeur convolutif.....	11
<b>Figure I.7</b> Fonctionnement d'un convertisseur de fréquence.....	12
<b>Figure I.8</b> Diagramme de constellation QPSK.....	13
<b>Figure I.9</b> L'organisation de la distance de Hamming.....	14
<b>Figure II.1</b> Schéma bloc de la chaîne d'émission-réception DVB-S.....	17
<b>Figure II.2</b> Bloc Générateur d'entier aléatoire.....	18
<b>Figure II.3</b> Bloc encodeur et décodeur RS.....	18
<b>Figure II.4</b> Blocs Entrelaceur et désentrelaceur convolutionnel.....	19
<b>Figure II.5</b> Bloc codeur convolutionnel.....	19
<b>Figure II.6</b> Bloc QPSK modulateur et démodulateur en bande de base.....	20
<b>Figure II.7</b> Blocs Filtre de transmission et réception cosinus surélevé.....	20
<b>Figure II.8</b> Bloc du Canal à bruit additif blanc et gaussien.....	21
<b>Figure II.9</b> Bloc Décodeur Viterbi.....	21
<b>Figure II.10</b> Schéma de l'émetteur-récepteur d'une chaîne DVB-S2.....	23
<b>Figure II.11</b> Bloc BBFRAME Buffering.....	23
<b>Figure II.12</b> Bloc d'encodeur BCH.....	24
<b>Figure II.13</b> Bloc d'encodeur LDPC.....	24
<b>Figure II.14</b> Bloc entrelaceur.....	24
<b>Figure II.15</b> Bloc modulateur.....	24
<b>Figure II.16</b> Modulation QPSK avec vecteur d'erreur.....	25
<b>Figure II.17</b> Comparaison de la valeur du BER en fonction du $E_b/N_0$ dans le cas avec et sans codage RS.....	31
<b>Figure II.18</b> Estimation du BER avec codage convolutif.....	32
<b>Figure II.19</b> Estimation du BER dans la chaîne DVB-S2 avec le codage LDPC.....	33
<b>Figure II.20</b> Diagramme des constellations d'une modulation QPSK de la chaîne DVB-S2.....	34

---

<b>Figure II.21</b> Diagramme des constellations d'une modulation 8-PSK de la chaîne DVB-S2.....	34
<b>Figure III.1</b> Signal au bout du canal gaussien.....	38
<b>Figure III.2</b> Modèle général d'un canal de transmission à bruit additif.....	38
<b>Figure III.3</b> Schéma de base du bloc RF.....	41
<b>Figure III.4</b> Chaîne de transmission DVB-S/S2.....	42
<b>Figure III.5</b> L'encodeur MPEG-2 multicanal Harmonic pour la compression des chaînes SD.....	43
<b>Figure III.6</b> Encodeur MPEG-2/MPEG-4 SD/HD AVC Harmonic Ellipse 3000 pour la compression des chaînes SD.....	43
<b>Figure III.7</b> ProStream 1000 de Harmonic.....	44
<b>Figure III.8</b> Modulateurs Newtec Satcom M6100.....	44
<b>Figure III.9</b> AUPC de type UPC7000 de Peak Communications.....	45
<b>Figure III.10</b> Up Converter de Peak Communications.....	45
<b>Figure III.11</b> Amplificateur compact haute puissance 750W (Compact high power amplifier) .....	45
<b>Figure III.12</b> Antenne DBS 11,3m de télédiffusion.....	46
<b>Figure III.13</b> Down Converter de Peak Communication.....	47
<b>Figure III.14 a</b> -Salle d'exploitation de la chaîne de transmission, <b>b</b> -Réception grand publique.....	47
<b>Figure III.15</b> Paramétrage de modulateur DVB-S2.....	48
<b>Figure III.16</b> Paramétrage de modulateur DVB-S.....	48
<b>Figure III.17</b> Performance de la chaîne DVB-S2 (antenne 11.3m) .....	49
<b>Figure III.18</b> Performance de la chaîne DVB-S (antenne 11.3m) .....	50
<b>Figure III.19</b> 11.3m Constellation DVB-S2 (8PSK) .....	51
<b>Figure III.20</b> 11.3m Constellation DVB-S (QPSK).....	51
<b>Figure III.21</b> Les paramètres de performance 11.3m DVB-S2.....	51
<b>Figure III.22</b> Les paramètres de performance 11.3m DVB-S.....	51
<b>Figure III.23</b> Niveaux du signal de la chaîne DVB-S2 en fonction des conditions météorologiques.....	52
<b>Figure III.24</b> Niveaux du signal de la chaîne DVB-S en fonction des conditions météorologiques.....	53
<b>Figure III.25</b> BER de la chaîne DVB-S2 en fonction des conditions météorologiques.....	53
<b>Figure III.26</b> BER de la chaîne DVB-S en fonction des conditions météorologiques.....	54
<b>Figure III.27</b> MER de la chaîne DVB-S2 en fonction des conditions météorologiques.....	54
<b>Figure III.28</b> MER de la chaîne DVB-S en fonction des conditions météorologiques.....	55

---

<b>Figure III. 29</b> Compensation / atténuation di signal selon les conditions météorologiques de la chaîne DVB-S2.....	56
<b>Figure III. 30</b> Compensation / atténuation du signal selon les conditions météorologiques de la chaîne DVB-S.....	56
<b>Figure :</b> Architecture du centre d’exploitation des systèmes de télécommunications spatial...	61

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I.1</b> Les bandes de fréquences et leurs services.....	7
<b>Tableau I.2</b> Les paramètres de comparaison du DVB-S et DVB-S2.....	14
<b>Tableau II.1</b> Représentation des blocs de la chaîne DVB-S.....	22
<b>Tableau II.2</b> Les paramètres de la chaîne DVB-S.....	28
<b>Tableau II.3</b> Les paramètres de la chaîne DVB-S2 avec la modulation QPSK.....	29
<b>Tableau II.4</b> Les paramètres de la chaîne DVB-S2 avec la modulation 8-PSK.....	30
<b>Tableau III.1</b> Comparaison entre la simulation des chaînes DVB-S/S2 et leurs pratiques sur la station.....	57



## Abréviation

<b>Acronyme</b>	<b>Anglais</b>	<b>Français</b>
<b>ACM</b>	Adaptive Coding and Modulation	Codage et modulation adaptatifs
<b>AUPC</b>	Automatic Upping Power Control	Contrôleur automatique de puissance de liaison montante
<b>AWGN</b>	Additive White Gaussian Noise	Bruit blanc gaussien additif
<b>BB</b>	Base band	Bande de base
<b>BBE</b>	Base band Equipment	Équipement base bande
<b>BCH</b>	Bose, Ray-Chaudhuri Et Hocquenghem	Bose, Ray-Chaudhuri Et Hocquenghem
<b>BER</b>	Binary Error Rate	Taux D'erreurs Par Bit
<b>BSS</b>	Broadcasting Satellite Service	Service de diffusion par satellite
<b>CCM</b>	Constant Coding and Modulation	Codage et modulation constante
<b>DBS</b>	Direct Broadcasting Satellite	Satellite de diffusion directe
<b>DVB</b>	Digital vidéo broadcasting	Diffusion vidéo numérique
<b>DVB-C</b>	Digital Video Broadcasting-Cable	Diffusion vidéo numérique par câble
<b>DVB-S</b>	Digital Video Broadcasting-Satellite	Diffusion vidéo numérique par satellite
<b>DVB-S2</b>	Digital Video Broadcasting-Satellite Version 2	Diffusion vidéo numérique par satellite version 2
<b>DVB-T</b>	Digital Video Broadcasting-Terrestre	Diffusion video numérique Terrestre
<b>E/S</b>	Elementary Stream	Flux élémentaire
<b>EF</b>	Equipment Facility	Installation d'équipement
<b>EVM</b>	Error Vector Modulation	Vecteur d'erreur de modulation
<b>FEC</b>	Forward Error Correction	Correction d'erreur directe
<b>FMA</b>	Full Motion Antenna	Antenne a mouvement complet

<b>GAS</b>	Ground Application Subsystem	Sous-système d'application au sol
<b>GCS</b>	Ground Control Subsystem	Sous-système de contrôle au sol
<b>GEO</b>	Geostationary Orbit	Orbite Géostationnaire
<b>HDTV</b>	High Definition Television	Télévision à haute diffusion
<b>IRD</b>	Integrated Receiver decoder	Récepteur décodeur intégré
<b>LDPC</b>	Low-Density Parity-Check Code.	Code de contrôle de parité à faible densité
<b>LEO</b>	Low Earth Orbit	Orbit terrestre basse
<b>LNB</b>	Low Noise Blockconverter.	Convertisseur de bloc à faible bruit
<b>MEO</b>	Medium Earth Orbit	Orbit terrestre moyenne
<b>MER</b>	Modulation Error Rate	Taux d'erreur de modulation
<b>MMBS</b>	Multi Media Broadcasting System	Système de diffusion multimédia
<b>MPEG-2</b>	Moving Pictures Experts Group 2	Groupe d'experts en images animées 2
<b>MPEG-4</b>	Moving Pictures Experts Group 4	Groupe d'experts en images animées 4
<b>NTSC</b>	National Television System Committee	Comité de système de television national
<b>PAL</b>	Phase Alternating Line	Alternance de phase suivant les lignes
<b>PSI/SI</b>	Program Specific Information	Information spécifiques au programme
<b>QPSK</b>	Quadrature Phase Shift Keying	Manipulation par déplacement de phase en quadrature
<b>RF</b>	Radio Frequency	Radio-Fréquence
<b>RMS</b>	Rate Monotonic Scheduling	Moyenne quadratique
<b>RS</b>	Code Reed-Solomon	Codage Reed-Solomon
<b>SCC</b>	Satellite Control Center	Centre de contrôle des satellites

---

<b>SAC</b>	Satellite Access Center	Centre d'accès satellite
<b>SD</b>	Standard Definition	Définition standard
<b>SDI</b>	Serial Digital Interface	Interface numérique série
<b>SECAM</b>	Color sequential memory	Séquentiel de Couleur A Mémoire
<b>SNR</b>	Signal To Noise Ratio	Signal sur bruit
<b>TS</b>	Transport Stream	Flux de transport
<b>TV</b>	Television	Télévision

---

## Résumer

Le contexte de ce projet s'appuie sur l'étude de l'atténuation de signal pour les communications satellite en conditions météorologiques variables et défavorables. En effet, l'atténuation due à la pluie est le principal effet de propagation qui doit être pris en compte dans les télécommunications spatiales. La pluie en tant que phénomène météorologique est l'un des facteurs qui affecte la propagation des ondes radio, et principalement dans la bande Ku. La qualité de transmission et de réception par satellite de télécommunication est régie par des paramètres de transmission appliqués selon les normes DVB-S/S2.

Dans ce projet, nous nous sommes focalisé sur la transmission des signaux audiovisuels, dans la station de télédiffusion, en bande Ku durant différentes conditions météorologiques. Dans la partie pratique de ce projet les mesures enregistrées avec les équipements et les logiciels de la station de téléport d'Alcomsat-1, sont analysées afin d'étudier l'atténuation causée par les conditions météorologiques et son influence sur la qualité de signal.

**Mots clés :** Communications Spatiales, Conditions météorologiques, Bande Ku, atténuations, Normes DVB S/S2.

## Summary

The context of this project is based on the study of signal attenuation for satellite communications in variable and unfavorable meteorological conditions. Indeed, attenuation due to rain is the main propagation effect which must be taken into account in space telecommunications. Rain as a meteorological phenomenon is one of the factors that affects the propagation of radio waves, and mainly in the Ku band. The quality of transmission and reception by telecommunications satellite is governed by transmission parameters applied according to DVB-S / S2 standards.

In this project, we focused on the transmission of audiovisual signals, in the broadcasting station, in Ku band during different weather conditions. In the practical part of this project, the measurements recorded with the equipment and software of the Alcomsat-1 teleport station are analyzed in order to study the attenuation caused by meteorological conditions and its influence on signal quality.

**Keywords:** Space communications, Meteorological conditions, Ku band, attenuations, DVB S / S2 standards.

## ملخص

يعتمد سياق هذا المشروع على دراسة توهين الإشارة للاتصالات الساتلية في ظروف الأرصاد الجوية المتغيرة وغير المواتية. في الواقع، التوهين بسبب المطر هو التأثير الرئيسي الذي يجب أن يؤخذ في الاعتبار في الاتصالات الفضائية. المطر كظاهرة أرصاد جوية هو أحد العوامل التي تؤثر على انتشار الموجات الراديوية، وخاصة في النطاق Ku. تخضع جودة الإرسال والاستقبال عن طريق سائل الاتصالات إلى معلمات الإرسال المطبقة وفقاً لمعايير DVB-S / S2.

---

في هذا المشروع، ركزنا على إرسال الإشارات السمعية والبصرية، في محطة البث، في نطاق Ku أثناء الظروف الجوية المختلفة. في الجزء العملي من هذا المشروع، يتم تحليل القياسات المسجلة بالمعدات والبرامج الخاصة بمحطة النقل الأني Alcomsat-1 من أجل دراسة التوهين الناجم عن ظروف الأرصاد الجوية وتأثيرها على جودة الإشارة.

**الكلمات المفتاحية:** الاتصالات الفضائية، ظروف الأرصاد الجوية، النطاق Ku، التوهين، معايير DVB S / S2.



# Introduction générale

---

## Introduction générale :

Dans les années 80, le développement des systèmes de télécommunications incita la création d'un nouveau service de diffusion par satellite qui consiste à émettre des programmes de télévision.

Actuellement, plus d'un milliard de foyers ont la télévision et ces derniers reçoivent collectivement plus de 2000 canaux de télévision par satellite. L'avantage de la diffusion de la télévision via le satellite, réside dans le fait de garantir une transmission fiable et de haute qualité, et de fournir la possibilité de couvrir des domaines plus larges et des surfaces plus grandes. En effet, un simple satellite en orbite géostationnaire peut couvrir un continent entier.

Le grand succès de la télédiffusion auprès du grand public a naturellement engendré une forte demande et une augmentation du nombre de programmes TV à diffuser, ce qui a abouti à la saturation de bande passante disponible. Afin de satisfaire la demande, ces nouvelles contraintes se sont accompagnées à de nouvelles techniques de traitement de signal pour des nouveaux systèmes de transmissions, qui pousse à utiliser des fréquences de plus en plus élevées. En outre, à ces fréquences, l'atmosphère est le facteur principal des bilans de liaisons des systèmes de télécommunication par satellites.

La façon dont les signaux se propagent dans l'atmosphère, de l'émetteur au récepteur, est d'une grande importance lors de la planification d'un système de communication, de sorte à refléter la qualité requise de l'image et de l'audio du signal en réception. De ce fait, le signal peut être exposé à des perturbations, généralement causé par des interférences ou à travers des phénomènes météorologiques.

Notre étude est concentrée sur l'atténuation de signal due à la pluie, qui représente l'effet d'atténuation dominant pour les télécommunications spatiales opérant dans des bandes de fréquences supérieures à 10 GHz, et qui est le cas de la station de télédiffusion de Bouchaoui d'ALGER, qui est constituée d'une chaîne de transmission fonctionnant dans la bande Ku.

L'objectif de notre travail est l'étude de la chaîne de transmission DVB-S/S2, par l'analyse de l'influence des paramètres de transmission (Filtre de Nyquist, FEC, Mot de code...) sur les performances requises ( $E_b/N_0$ , BER, SNR...), pour assurer la qualité et la continuité de service de Broadcasting.

Notre travail est reparti essentiellement en trois chapitres :

- Un chapitre d'étude théorique est consacré à une étude de la norme DVB-S/S2.
- Un deuxième chapitre représentera une simulation des chaînes étudiées. Dans ce chapitre la simulation met en évidence l'influence des paramètres de la norme DVB-S/S2 sur la performance de la liaison.
- Un dernier chapitre est consacré à l'analyse de l'influence des conditions météorologiques sur la chaîne DVB-S/S2, et à une évaluation pratique du système.

# Chapitre I :

## Etude des normes DVB-S et DVB-S2.

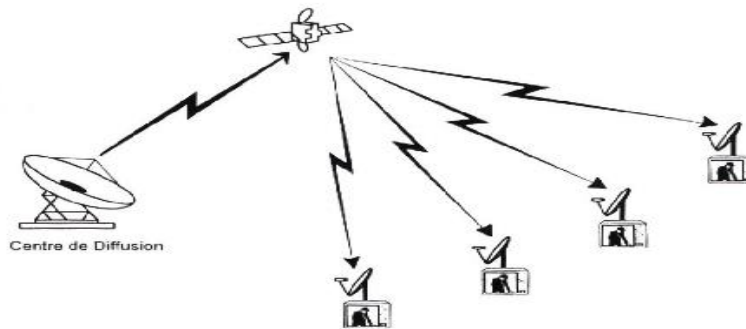
## I.1 Introduction :

Les satellites se divisent en catégories selon la nature de leur application. Parmi ces applications, on pourra distinguer principalement les télécommunications qui affectent à leurs tours le domaine de la télédiffusion.

La télédiffusion par satellite rend possible la transmission de l'information vers un grand nombre d'utilisateur, il est donc impossible de gérer et transmettre ses flux sans passé par un traitement spécial, ceci en utilisant des systèmes de diffusion tel que le DVB-S en mettant en œuvre une transmission efficace à faible rapport signal à bruit, et pour cela, le type de codage, compression et modulation sont important, ce qu'on va détailler dans ce chapitre. Depuis, le standard n'a pas arrêté d'évoluer jusqu'à l'adoption du nouveau standard le DVB-S2 qui développe de nouveaux services à haut débit.

## I. 2 Les systèmes de communication par satellite :

Un réseau de télécommunication se constitue d'un satellite qui est la partie principale du réseau et des stations terrines (centres de diffusion) [3].



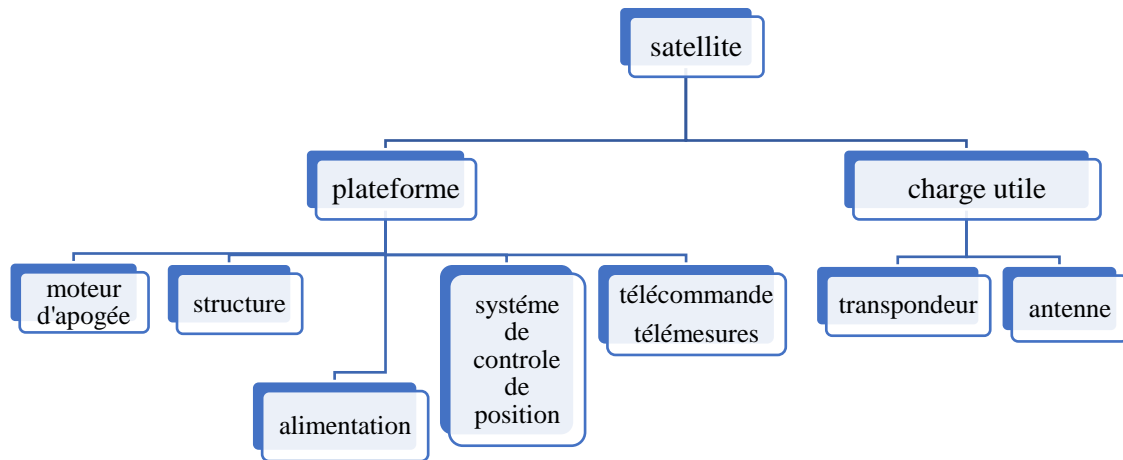
**Figure I.1** Communication satellitaire.

Grace à un lanceur de gravitation, le satellite est envoyé à une vitesse qui lui permet de se maintenir au niveau de son orbite, tournant autour de la terre. Il existe trois types de satellites :

- **Satellite de télédétection** : se positionne à 2000km du niveau de la terre, il aborde le domaine météorologique, climatologique, et cartographique.
- **Satellite de positionnement** : est un satellite de navigation situé entre 2000 et 35786 km de la terre, il indique la position d'un corps sur la surface de la terre, l'aire ou la mer.
- **Les Satellite de télécommunications** : se situent au-delà de 35786km de la terre, ce qui lui permet de couvrir une partie du globe terrestre en peu de temps. Actuellement, les satellites de télécommunications sont les plus massifs, ils servent à la transmission d'information sous forme de signaux captés par des antennes terrestres, il est réservé à la communication téléphonique, la radio et la télévision [3].



Dans la suite du travail nous nous focalisons essentiellement sur les satellites de télécommunication.



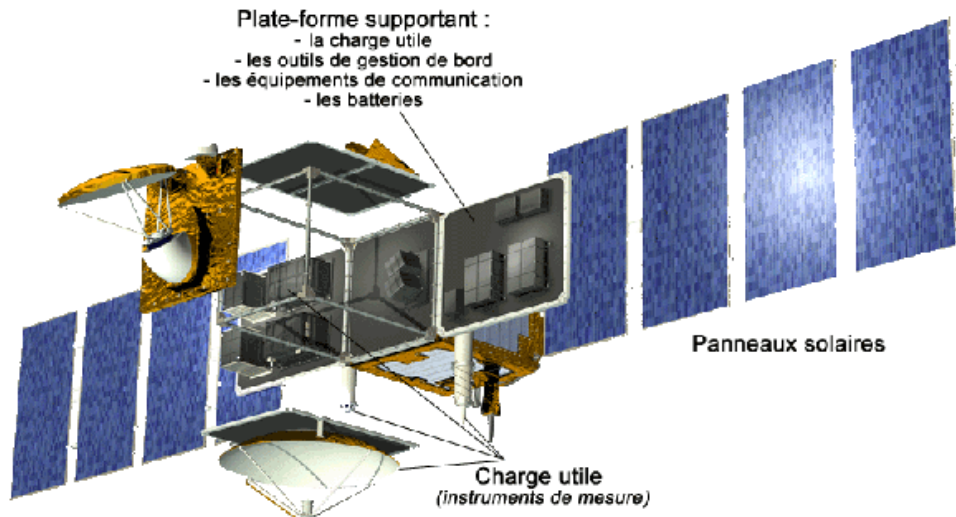
**Figure I.2** Schéma synoptique d'un satellite de télécommunications.

L'Algérie possède quatre satellites d'observation de la terre : ALSAT-2A, ALSAT-2B, ALSAT-1 et ALSAT-1B, et un satellite de télécommunication ALCOMSAT-1.

### I. 2.1 Structure d'un satellite :

Un satellite est doté de matériels spatiaux résistant aux contraintes spécifiques d'une utilisation de longue durée dans l'espace, la structure de base d'un satellite à 2 parties : la plateforme et la charge utiles (instrument de mesure) [4] :

- La plateforme est équipé d'instrument de mesure nécessaire à la survie du satellite, ainsi des serveurs pour la gestion à bord, comme il possède des systèmes d'intelligent permettent de le guider et de surveiller l'état des équipements et des batteries [4]. D'autre part nous retrouverons des antennes d'émission-réception, des panneaux photovoltaïques pour le stockage d'énergie reçue par le soleil dans les batteries, ainsi pour l'alimentation des appareils électronique au bord du satellite, pour qu'il puisse réaliser au mieux sa mission, les transpondeurs chargés de la régénération des signaux reçus et du changement de fréquences.
- La charge utile définie spécifiquement pour la mission qu'elle doit remplir, est située dans la plateforme [4], est l'endroit où l'on trouve différents capteurs ; c'est un mécanisme qui convertit l'état d'une grandeur physique en une grandeur exploitable. Plusieurs types de capteurs peuvent être chargés au bord d'un satellite, qui peuvent différer selon les besoins les objectifs.



**Figure I.3** Structure d'un satellite.

### **I. 2.2 Les facteurs de perturbation d'un satellite :**

Les satellites affrontent plusieurs contraintes [5] :

- Les contraintes d'autonomie énergétique.
- Les contraintes thermiques.
- Les contraintes mécaniques.
- Les contraintes de masse.

### **I. 3 Principe et caractéristique d'une liaison satellitaire :**

Le principe d'une liaison sur une large zone géographique, est de se servir d'un satellite situé en orbite qui joue le rôle d'un commutateur entre deux antennes terrestres qui ne sont pas en vue directe.

Les liaisons satellites utilisent des bandes de fréquences dans l'intervalle de 3 à 14GHZ. Généralement, une liaison satellite permet de transmettre de l'ordre de 500 mégabits par seconde [5].

Le fait d'être en orbite par rapport à un relais terrestre conduit aux conséquences suivantes [4] :

- Une grande couverture dans le cas des plus petits faisceaux, qui peut aller jusqu'à 100km.
- La diffusion aide à développer la télévision par satellite ou toutes autres applications de diffusion.
- L'accessibilité totale à la zone de couverture, ce qui permet de conserver cette technologie, non indépendante des facteurs terrestres.

- Les délais qui peuvent être importants avec un temps de propagation plus grand que le temps d'émission.
- Peu d'infrastructures terrestres nécessaires.
- Le coût important du satellite et des équipements de transmission et de la gestion du satellite et de son réseau.
- Les composants et les systèmes sont robustes.

#### **I. 4 Les orbites :**

Différentes catégories de satellites s'adaptent sur différents types d'orbites, du fait de leurs caractéristiques assez différentes. Globalement, la communication d'un satellite mis sur une orbite près de la terre a une faible latence, en l'occurrence, il se déplace tellement vite qu'il peut couvrir un utilisateur que quelques minutes. Or, plus son altitude est élevée plus il met du temps à se déplacer jusqu'à une position fixe du satellite, ce qui entraîne un temps de latence considérable et une couverture vaste de la surface de la terre. Il existe différents types d'orbite les plus utilisés sont :

- **L'orbite géostationnaire GEO :**

Se situe à 36000km de la terre sur le plan équateur, par conséquent, le temps que met à parcourir un signal électromagnétique est assez important, d'environ 250ms. Ce type d'orbite inclut généralement les satellites de communication sur une position spatiale fixe (il tourne selon la même vitesse de la rotation de la terre), le satellite peut, à tout moment, recevoir et transmettre des messages à n'importe quel émetteur ou émetteur-récepteur qui se trouve dans sa zone de couverture géographique [4].

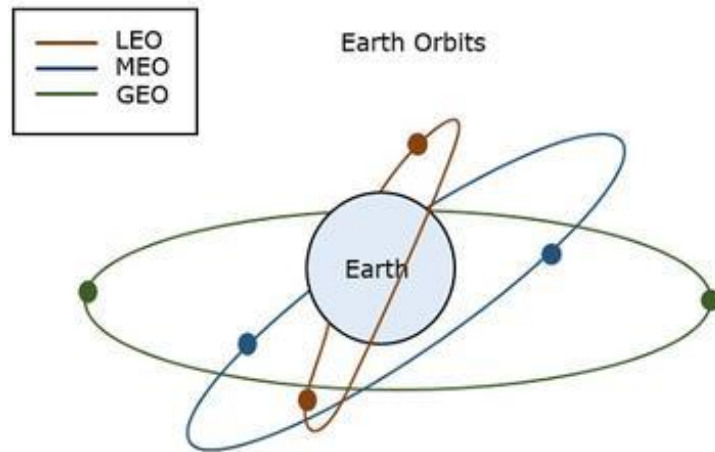
- **L'orbite MEO :**

C'est l'orbite du milieu se situe entre 2000 à 35 000km. Par conséquent, le temps estimé qu'une onde puisse perdre sur son aller-retour est 100ms. Ce type d'orbite gère les satellites par exemple GPS [4].

- **L'orbite LEO :**

L'avantage de cette orbite est bien sa position, en alentours de la terre à plus de 500km et moins de 2000km d'altitude. Cette proximité offre un temps de latence de 10ms (très faible) et une puissance réduite pour entrer en contact avec les satellites [4].

Les satellites LEO tournent autour de la terre à une grande vitesse et sa couverture varie entre 3000km à 4000km la surface de la terre.



**Figure I.4** Les différentes orbites de la terre.

### I. 5 Les bandes de fréquences :

Les bandes de fréquences élaborées pour les communications par satellites sont constamment comprises entre 1 et 30 GHz. En dessous de 1 GHz les ondes sont principalement réfléchies et diffusées par l’atmosphère. Au-dessus de 30 GHz les liaisons satellitaires sont possibles, mais l’absorption atmosphérique est importante et la technologie d’amplification plus complexe [6].

Dans le domaine de communication, la bande de fréquence la plus utilisée est la bande Ku, du fait qu’elle permet une bonne réception via une petite antenne, elle est dédiée au service de télévision, radio, ainsi aux données informatiques. Nous distinguons d’autres bandes de fréquence utiles à d’autres services [6] :

Bande	Fréquences (GHZ)	Services satellitaires
L	1 – 2	-services radioastronomie. -service militaire.
S	2 – 3	Communications avec les mobiles.
C	4 – 6	-service de Radiodiffusion. -les radars météorologiques.
X	7 – 8	Communications militaires.
Ku	11-18	Service radiodiffusion.
Ka	20 - 30	Service radiodiffusion.

**Tableau I.1** Les bandes de fréquences et leurs services.

## **I. 6 La télédiffusion :**

La première application des satellites de télécommunications est la transmission vidéo [6]. Elle est estimée à 60% de la capacité du secteur spatial. La transmission peut être faite en utilisant les normes vidéo analogiques (PAL, SECAM, NTSC) mais dans la plupart des systèmes actuels ce sont les normes vidéo numériques qui sont utilisées. On utilise essentiellement la norme DVB-S, qui utilise un codage MPEG-2 du flux vidéo et permet le transfert du signal aux satellites. La télédiffusion directe par satellite est une activité en forte croissance [6].

## **I. 7 Le Standard DVB-S :**

De divers standards de communications existent, le plus utilisé pour la télédiffusion est le standard DVB-S introduit en 1993, unifié pour une transmission par satellite qui doit être associée à une antenne parabolique en réception, de type LNB 11M intermédiaire et indispensable d'au moins 50 cm de diamètre, fonctionnant dans la bande de fréquences allant de 10,7-12,75 GHz [4], et à un décodeur DVB-S pour la réception de la télédiffusion.

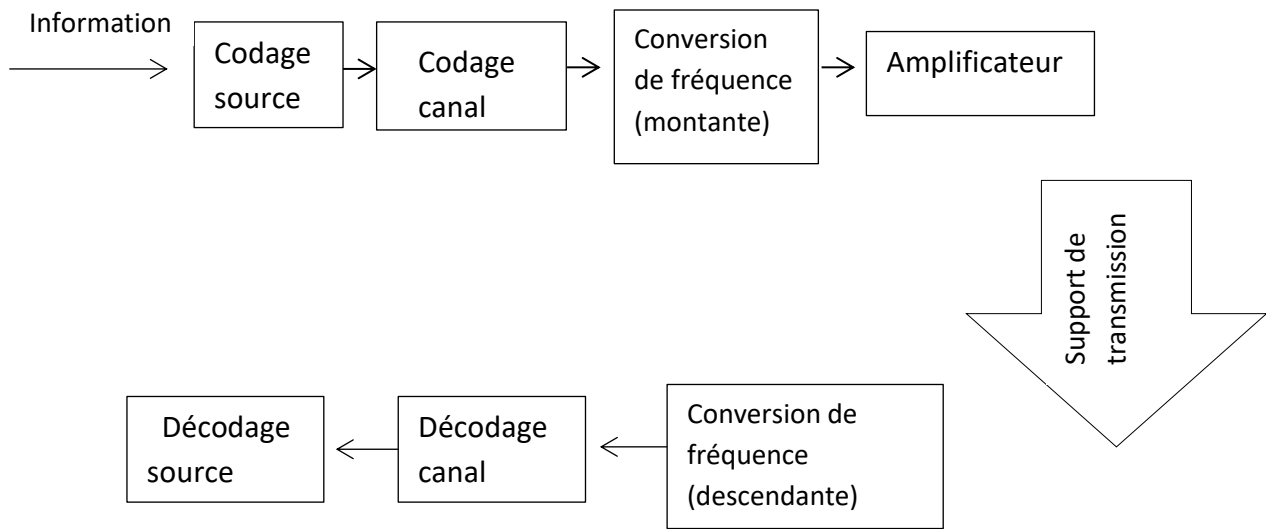
La norme DVB-S se particularise au niveau de la bande passante relativement large de 26 à 36 MHz correspondant à des canaux de 33 ou 36 MHz. En effet, une diffusion de chaîne radio et télé s'accorde davantage. C'est un système qui transmet ces signaux en audio/vidéo grâce au format MPEG-2 pour la vidéo et MPEG-1 pour l'audio.

Ce standard utilise uniquement la modulation par décalage de phase en quadrature QPSK [4], combiné à un codage correcteur d'erreur en réception ; convolution en interne pour éliminer les résidus et Reed-Solomon en externe afin d'augmenter la fiabilité de la norme avec un taux de code appelé FEC.

La DVB-S utilise la bande de fréquence Ku de 12-18 GHz à un débit équivalent de 23.7-41.5 Mb/S [4]. Une faible fréquence évoque au signal une forte atténuation dominée par le bruit. Le canal est de type AWGN, et la longueur de paquets transportés est de 188 octets.

## I. 8 Chaîne de transmission global :

Globalement, le principe d'une chaîne de transmission est basé sur les blocs suivants :



**Figure I.5** Principe d'une chaîne de transmission numérique.

### I. 8. 1 Codage source :

Codage source est une adaptation de sa source de données en mesure efficace, a un canal de transmission tout en préservant l'information. Ceci nécessite l'opération de compression qui rétrécit la taille des données à envoyer.

De Différentes méthodes de compression sont explorées. L'algorithme de compression de l'image agit en mouvement des signaux et à travers la division d'image en bloc et la quantification. En revanche, la compression de l'audio s'effectue en codant plusieurs voix simultanément, utilisant plusieurs fréquences d'échantillonnage.

- **MPEG :**

C'est une norme chargée de faire la compression et la décompression, traitement et codage d'image animée et de données audio [7].

Actuellement, on parle de la norme MPEG-4 qui utilise l'encodage entropique et prend en compte tous les statistiques du contenu visuel ainsi l'énergie du pixel. [7]

Le MPEG-4 gère mieux la capacité satellitaire, et est très évoluer, cet algorithme est exploité lors d'utilisation d'images dynamiques, là où il y a une grande variété d'informations, qui nécessite un débit important (le cas de l'image en HD ou full HD ou 4K), de manière à avoir un meilleur taux de compression. Pour une chaîne par exemple qui demande beaucoup de débit, il serait préférable de compressé par l'algorithme MPEG-4 que l'algorithme MPEG-2.

Quant au MPEG-2, le principe d'encoder et de compresser est selon deux manières :

- Compression temporelle : éliminé les pixels redondants lors de deux images qui se succèdent aux caractéristiques similaires de façon à minimiser la capacité de l'image.
- Compression spatiale : un cas particulier où un seul objet est mobile par rapport à un arrière-plan statique. Dans ce cas l'exploitation se fait juste au niveau des pixels en mouvement, ce qui permet de gagner énormément en débit [7].

## **I. 8. 2 Codage canal :**

Le codage est un aspect crucial des communications, il implique de différentes techniques de conception de codes de détection d'erreur et de correction, qui sont importants dans différents systèmes de communication. Le codage canal consiste à un ajout de bits de redondance dans le message avant d'être transmis par le canal. Le message a de fortes chances d'être altéré de manière plus ou moins importante à cause des perturbateurs présentes dans un canal de transmission [8]. Il est donc nécessaire de prévoir une certaine redondance ainsi que des procédures pour détecter les erreurs et éventuellement les corriger.

Le codage canal inclut de même l'entrelacement, une opération qui permet d'épargner les longues suites de bits identiques et de rendre le signal le plus aléatoire possible [8].

Le décodage permet de réduire le taux d'erreur au décodeur en exploitant la redondance résiduelle encore présente après compression de la source [8]. Pour cela, le décodeur a besoin d'informations a priori sur la statistique de la source.

### **I. 8. 2. 1. Les codes correcteurs d'erreur :**

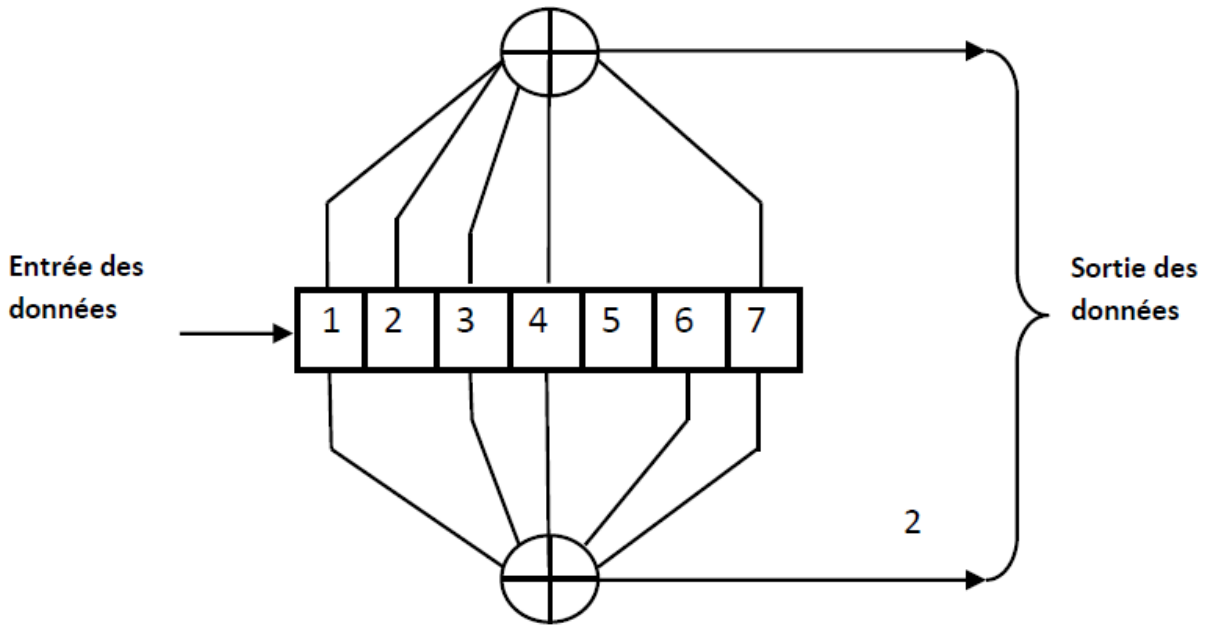
Le principe des techniques de codage canal consiste à introduire des redondances dans l'information à transmettre, de sorte à détecter puis corriger en réception les erreurs de transmission du canal. Les codes correcteurs d'erreur ont été créés pour réaliser le codage canal dont le traitement en émission consiste à encoder les messages d'information, et en réception après la traversée du canal, à réaliser l'opération inverse ou décodage afin de restituer les données émises.

L'intérêt pour les systèmes de télécommunications est de fournir la meilleure capacité de correction en utilisant le moins de bits de redondance pour minimiser leurs besoins en bande passante et de garder le débit utile fixe. Les codes correcteurs d'erreur étudiés sont le codage Convolutifs, et Reed-Solomon [10].

- **Codage convolutif :**

Le rendement du code convolutif est égal au FEC. Les codes convolutifs forment une classe extrêmement souple et efficace de code correcteur d'erreur. Ce sont les codes les plus utilisés dans les systèmes de télécommunications fixes et mobiles puisqu'il offre une meilleure protection par rapport aux autres codages pour une même complexité.

Les codes convolutifs, introduit en 1955 par Elias, sont des codes présentant de grands intérêts pour la recherche. Le codeur qui génère un code convolutif comporte un effet mémoire, En effet, le codeur travaille en fonction des entrées et de l'état des registres. Le mot de code dépend aussi bien du bloc des  $k$  symboles entrants, que des  $m$  codes précédents, stockés dans des registres. Tant dit que leur méthode de décodage la plus populaire repose sur l'algorithme de Viterbi avec une contrainte sur le fait que le mot de code est très long ce qui a tendance à compliquer le circuit décodeur [10].



**Figure I.6** Fonctionnement codeur convolutif.

Voici le codeur utilisé par DVB Si l'on regarde bit à bit le signal, aucun lien ne les relie. Chaque bit est rigoureusement indépendant. L'idée du code convolutif est de lier un bit à un ou plusieurs bits précédents de sorte à pouvoir retrouver sa valeur en cas de problème [10].

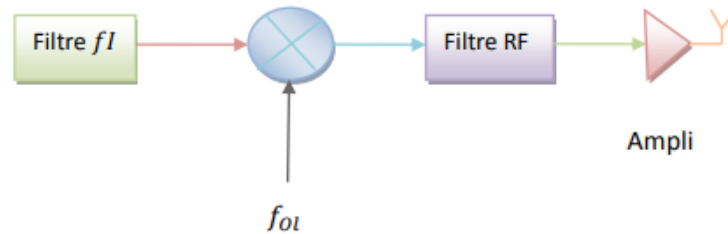
- **Codage Reed Solomon :**

Le code de Reed-Solomon (RS), est un code correcteur d'erreur qui représente le meilleur compromis entre le débit et la fiabilité dans le domaine de la télédiffusion ainsi les communications spatiales. Le codes de Reed-Solomon permet de corriger des combinaisons d'erreurs, et assure une transmission correcte grâce à un ajout de symbole redondants a l'émission, qui autorise une méthode performante dite « champs de Galois », qui maîtrise ces symboles transmis en les échantillonnant afin de structurer un polynôme formel qui a son tour Permet au récepteur du message encodé de reconstruire le polynôme, même s'il y a eu des erreurs pendant la transmission [10]. Un code RS est un code BCH non binaire construit sur un corps fini de Galois [10], Le rendement de ce code est égal à 188/204.



### I. 8. 3 Conversion de fréquence :

Une conversion de fréquence est nécessaire pour pouvoir émettre et recevoir un signal donné, un synthétiseur interne effectue une adaptation de fréquence sur le spectre du signal en  $f_i = 70.4\text{Mhz}$  vers une fréquence en haut niveau en  $f = 14\text{Ghz}$  tout en gardant la même amplitude [9].



**Figure I.7** Fonctionnement d'un convertisseur de fréquence.

Avec  $f_{ol}$  : la fréquence d'un oscillateur local.

### I. 8. 4 Amplificateur :

Le signal obtenu à la sortie du convertisseur de fréquence est de faible amplitude et puissance, c'est pour cela qu'il faut l'amplifier à une certaine puissance pour être capté par l'antenne.

### I. 8. 5 Modulation :

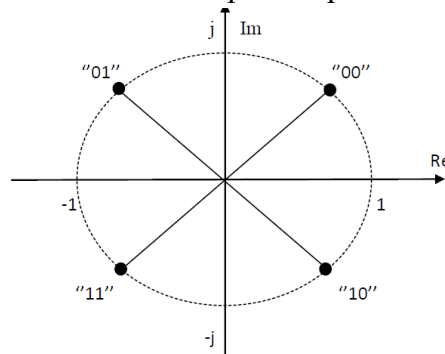
La transmission satellite demande des codes de corrections puissants et une modulation la moins sensible possible aux distorsions de phase et d'amplitude. En effet la transmission est énormément bruitée, et les tubes des transpondeurs travaillant en saturation.

La modulation M-air a pour objectif d'adapter le signal à émettre au canal de transmission. Cette opération consiste à modifier un ou plusieurs paramètres d'une onde porteuse centrée sur la bande de fréquence du canal. L'information est transmise à l'aide d'un paramètre qui prend M valeurs, associé à un nombre d'état de modulation  $M=2^n$ . Dans mon mémoire je vais évoquer la modulation par déplacement de phase en QPSK et 8-PSK.

Modulation/démodulation QPSK, souvent connu sous le nom de 4-PSK, cette modulation en quadrature utilise un diagramme de constellation à quatre points, avec quatre phases, la QPSK peut coder 2 bits par symbole (codage binaire ou code de gray) [11] :

- Elle est utilisée pour des liaisons hertziennes uniquement. Il s'agit d'une modulation de phase à 4 états, elle est caractérisée par une efficacité spectral analogue influençant sur le débit binaire
- On distingue lors de la modulation un diagramme de constellation polaire convenant aux 4 états de la porteuse modulée. Tandis que son amplitude reste la même.
- L'information modulante est constituée d'un signal binaire, un état de phase de la porteuse modulée correspond à un symbole soit 00 ou 10 ou 01 ou 11.

- Dans un cadre de propagation, la base d'une perturbation (atténuations, parasites, dispersions, échos...) se traduit par une dégradation de la porteuse modulée, et par conséquent de l'apparition d'un certain taux d'erreurs binaires.
- L'aspect de l'efficacité spectrale augmente simultanément avec le nombre d'états, qui permet une occupation d'une bande de plus en plus faible à un débit constant.



**Figure I.8** Diagramme de constellation QPSK.

## I. 9 Standard DVB-S2 :

Le standard de transmission DVB-S2 est une amélioration du standard DVB-S, en efficacité spectral de 30% par apport à ce dernier dans le domaine de communication multimédias actuelles. La deuxième génération de satellite DVB-S2, présente les performances d'erreur, elle se caractérise d'un codage amélioré en LDPC et BCH, un codage adaptatif à l'information ainsi l'évolution de plusieurs types de modulation plus compatible avec le canal et plus performante ; QPSK, 8PSK, 16PSK, 32PSK de manière à s'adapter avec les conditions météorologiques.

Le standard DVB-S2 du contenu multimédia, est plus flexible et plus performant assurée par un filtre en racine de Cosinus Surélevé, et avec des roll-off de 0.35, 0.25, 0.2 à un débit de 36 jusqu'à 51Mb/s [12].

La norme DVB-S2 permet aussi de réaliser des communications unicast ou multicast lors des transmissions occasionnelles de certains événements. Dans le cas des réseaux privés, DVB-S2 permet aux clients d'avoir des décodeurs de récepteur intégrés (IRD) pour atteindre des débits binaires plus élevés sans augmenter la bande passante requise [12].

- **Codage LDPC :**

Un code LDPC est un codeur canal linéaire, caractérisé par sa matrice de parité à faible densité et accorde une transmission sur un canal gaussien avec un processus itérative complexe au niveau du décodage. Cet effet itératif est inversement proportionnel au Taux d'Erreurs Binaires BER sur un canal bruité, à savoir le code LDPC hybride à un meilleur BER.

Le code LDPC assemble deux types :

- Codes LDPC Hybrides :

Les codes LDPC hybrides regroupant les codes réguliers ou irréguliers, binaires ou non-binaires les principes de base du code LDPC hybride reste attractif [13].

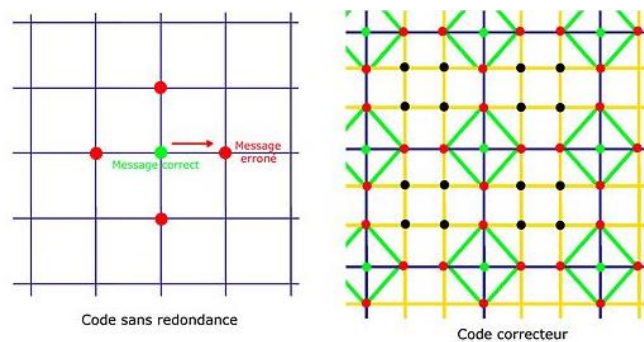
- Codes LDPC hybrides binaires :

Le principe de ces codes LDPC binaires est d'entraîner une équation de contrôle de parité, contenant des mots de code.

- **Codage BCH :**

Les codes BCH ont été introduits en 1959 par A. Hocquenghem et en 1960 par R. C. Bose et D. K. Ray-Chaudhuri. Ces codes sont basés sur la métrique de Hamming qui fournit des bits de control redondant, puis les joindre au mot de code grâce à des algorithmes [13].

Un code BCH est un code correcteur d'erreur performant, il fait partie des codes linéaires cycliques comme le code Reed-Solomon, il assure une technique de décodage idéal ainsi une correction d'erreur multiple que peut subir l'information lors d'une transmission [13].



**Figure I.9** L'organisation de la distance de Hamming.

## I. 10 Etude comparative entre les normes DVB-S et DVB-S2 :

Le tableau suivant représente les différents paramètres de comparaison entre les normes DVB-S et DVB-S2 [12] :

NORMES	DVB-S	DVB-S2
Codage	Convolutif, Reed-Solomon	LDPC, BSH
Modulation	QPSK	QPSK, 8PSK, 16PSK, 32PSK
Débit (Mbit/s)	23.7 à 41.5	36 à 51
Mode de codage et modulation	CCM	ACM
Roll-off	0.35	0.35, 0.25, 0.2
Codage sources	MPEG-2	MPEG-4, MPEG-2

**Tableau I.2** Les paramètres de comparaison du DVB-S et DVB-S2.

Le tableau nous montre les points principaux qui diffèrent entre les deux standards :

- Le DVB-S est délimitée sur la modulation QPSK pour l'attribution des services de télédiffusion et de radiodiffusion de données par satellite, ce qui exigeait des barrières aux applications professionnelles fonctionnant avec des antennes à un gain élevé et à des débits de symbole inférieurs. En revanche, le DVB-S2 propose une évolution de quatre modulations QPSK, 8PSK, 16 APSK et 32 APSK qui prennent en charge l'infrastructure professionnelle grâce à ces débits considérables et des seuils de modulation à un ordre élevé, tout en permettant une augmentation d'efficacité spectrale.
- En outre, le DVB-S2 n'est pas limitée au codage vidéo et audio MPEG-2, mais conçue pour gérer n'importe quels formats audio et vidéo grâce à sa large bande spectrale.
- L'adoption de la fonctionnalité de modulation et codage adaptatif ACM englobe un gain plus important par rapport à la CCM du standard DVB-S.  
ACM permet d'optimiser les paramètres de transmission pour chaque utilisateur, sur la base de trames individuelles, en fonction des conditions de la voie et sous un contrôle en boucle fermée par voie de retour [12].
- Les codes correcteurs d'erreur LDPC et BCH remplacent le codage convolutif concaténé Reed-Solomon de la norme DVB-S grâce à leur amélioration en termes de FEC.
- La spécification de la norme DVB-S2 tourne autour de trois concepts clés : les meilleures performances de transmission, une souplesse totale et une complexité raisonnable du récepteur [12] contrairement à la norme DVB-S.

## **I.11 Conclusion:**

Dans ce chapitre, nous avons abordé le sujet de la communication par satellite. Nous avons montré les nombreuses qualités qui ont fait du satellite un moyen indispensable dans le domaine de la télédiffusion.

Nous nous sommes basés dans ce chapitre sur la DVB-S/S2, ce standard a attiré l'intérêt des opérateurs et des chercheurs dans le domaine de communications en vue de sa large bande et des contraintes non strictes par rapport aux autres supports de transmission. L'évolution de la DVB-S à donner une nouvelle version la DVB-S2, qui réponds à ces besoins actuels dans le domaine de la radiodiffusion et des télécommunications à travers une amélioration significative d'efficacité spectrale, de codage et de modulation.

En l'occurrence, la concrétisation de cette étude théorique, se traite dans le deuxième chapitre, dans lequel nous exposons la réalisation de ces chaînes, leurs paramétrages, ainsi que des tests de leurs performances.

# Chapitre II:

## Etude, paramétrage et

## Simulation de la chaîne DVB-

## S/S2.

## II.1 Introduction :

Ce chapitre de modélisation, conception et développement de la norme DVB-S/S2 est traité sous l’outil TOOLBOX Simulink lancée depuis le logiciel MATLAB. Un moyen efficace et rapide pour mettre en lumière les performances et les principales difficultés de conception, permettant de modéliser de façon très pédagogique la chaînes de transmissions DVB-S/S2, qui donne accès à une description graphique des problèmes avec application au traitement du signal.

Dans cette partie, SIMULINK doit être configuré ainsi tous les blocs des deux chaînes d’émission-réception DVB-S et DVB-S2 sont modélisées et configurées a un paramétrage prédéfini, pour travailler sur des séquences numériques, dont le but d’étudier l’influence des paramètres de transmission de la norme DVB-S/S2 ; FEC, filtre de Nyquist, canal AWGN... sur la qualité de signal à l’aide des mesures de performances ; MER, BER, Eb/N0...

## II.2 Traitement de la chaîne complète DVB-S/S2 :

D’abord, il est nécessaire de mettre en œuvre de façon efficace et cohérente le schéma-bloc hiérarchique constituants la chaîne DVB-S/S2, puis configurer chaque bloc afin de pouvoir simuler une chaîne de communication numérique.

La figure suivante représente le schéma bloc de la chaîne d’émission-réception de DVB-S implémenté sous Simulink [10] :

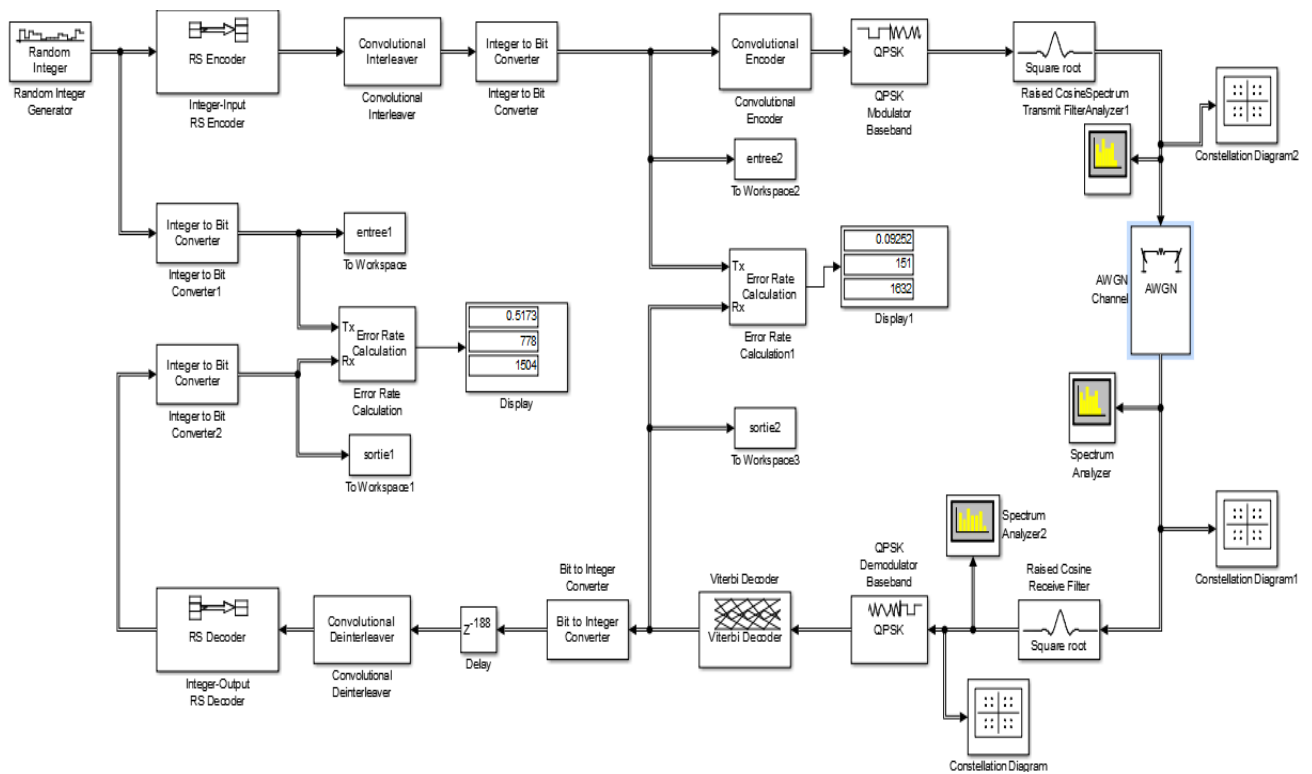


Figure II.1 Schéma bloc de la chaîne d’émission-réception DVB-S.

La simulation de la chaîne DVB-S est réalisée sous MATLAB, et est illustrée à la Figure II.1, avec la configuration de chaque bloc en accordant l'attention aux conditions de propagation et à la mise en forme du signal étant assurée par un filtre en racine de Cosinus Surélevée avec un roll-off de 35% [10], et assimiler un code correcteur d'erreur correspondant à un FEC plus ou moins élevé de  $\frac{3}{4}$ . Les blocs de la chaîne de transmission sont définis comme suit :

### II.2.1 Générateur d'entier aléatoire (random integer generator) :

Une source de données utilisées pour générer des données de types entiers aléatoirement distribuées dans la plage  $[0, M-1]$ , de taille 188 octets. M est le nombre M-aire défini dans la boîte de dialogue [10].

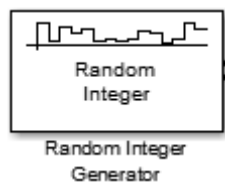


Figure II.2 Bloc Générateur d'entier aléatoire.

### II.2.2 Encodeur/décodeur RS (RS Encoder/decoder) :

C'est un type de codage canal du code Reed-Solomon, avec la longueur du message K et la longueur du mot de code N. Ce code est noté par défaut RS (188, 204, t=8), ce qui veut dire 188 octets en entrée, 204 en sortie du codeur, et 8 octets sur 188 peuvent être corrigés.

Le codage Reed-Solomon a pour objectif la protection de l'information. Il permet de rajouter 16 symboles de redondance derrière chaque paquet TS avec un pouvoir de correction de 8 symboles par paquet. Si plus de 8 octets sont détectés comme erronés, le paquet est marqué comme défectueux.

A la réception, le décodeur RS corrigera toutes les erreurs et fournira un paquet TS sans erreur. Cependant, pour une détection de plusieurs erreurs l'algorithme de décodage RS n'aura pas la capacité de corriger le paquet TS, dans ces circonstances, que le bit sera modifié et doit être mis à 1, la correction de tout paquet TS que le décodeur RS ignore nécessite un redémarrage du calcul avant la retransmission sur une autre liaison [11].

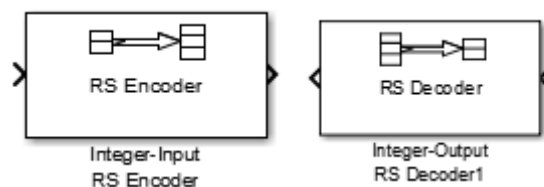


Figure II.3 Bloc encodeur et décodeur RS.

### II.2.3 Entrelaceur/désentrelaceur Convolutionnel (convolutional interleaver/deinterleaver) :

A l'émission, les octets d'un paquet sont répartis dans d'autres paquets, ce qui permet d'éviter d'avoir à corriger une longue suite de bits (ou octets) faux consécutifs. L'entrelacement fait la correction des erreurs sur plusieurs paquets, facilitant ainsi la détection et la correction d'erreurs du décodeur RS. Le principe de l'entrelaceur convolutif est d'utiliser plusieurs registres à décalages qui vont induire un retard.

A la réception, le dispositif convolutionnel désentrelaceur reconstruit la matrice des trames et permet aux erreurs à la sortie du décodeur interne d'être randomisé sur une base d'octets afin d'améliorer la capacité de correction d'erreur de salve du décodeur externe [11].

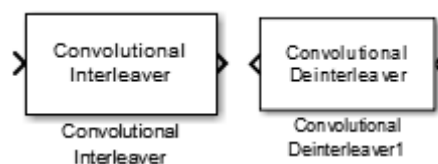


Figure II.4 Blocs Entrelaceur et désentrelaceur convolutionnel.

### II.2.4 Codeur convolutionnel (Convolutional encoder) :

Le bloc Convolutionnel Encodeur est réalisé à partir de registre à décalage, il code une séquence de vecteurs d'entrée binaires pour produire une séquence de vecteurs de sortie binaires. Ce bloc peut traiter plusieurs symboles à la fois.

Ce bloc peut accepter des entrées dont la longueur varie pendant la simulation, Si le codeur prend  $k$  flux de bits d'entrée, la longueur du vecteur d'entrée de bloc est  $L * k$  pour un entier positif  $L$ . De même, si le codeur produit  $n$  flux de bits de sortie, la longueur du vecteur de sortie du bloc est  $L * n$  [15]. Cela permettra de sélectionner le niveau de correction d'erreur le plus approprié pour un débit de service ou de données.

Le système doit permettre le codage par convolution avec des taux de code de ;  $1/2$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $5/6$  et  $7/8$ . [15].

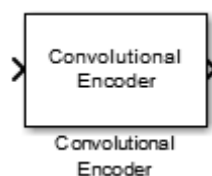


Figure II.5 Bloc codeur convolutionnel.

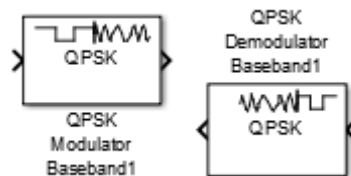
### II.2.5 QPSK modulateur/démodulateur bande de base (QPSK modulator/demodulator base band) :

L'étape suivante de la chaîne de transmission est la modulation, qui consiste à adapter l'information à transmettre au canal de transmission, elle permet de séparer des informations



provenant de différentes sources et ayant le même spectre, qui utilise le même support de transmission, de façon à permettre à différents émetteurs de retrouver l'information concernée [15].

Le système utilisera une modulation QPSK à codage Gray conventionnelle, qui transforme les données binaires en symbole complexe (coder 2 bits par symbole). A la sortie du bloc on distingue une représentation en bande de base du signal modulé. A la réception, ce bloc recompose les groupes de deux bits à partir d'un symbole complexe.



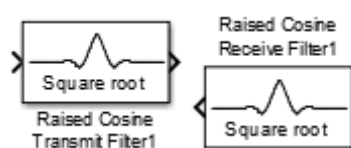
**Figure II.6** Bloc QPSK modulateur et démodulateur en bande de base.

### II.2.6 Filtre de transmission/réception cosinus surélevé (Raisedcosine transmit/receivefilter) :

Ce bloc échantillonne et filtre le signal d'entrée avec un facteur de roll off de 35%, qui détermine la raideur du filtre pour réduire son spectre aux dimensions de la bande passante. Ce filtre élimine les interférences inter symboles. Ce filtrage va diminuer le débit utile de notre signal en fonction d'un coefficient Roll Off [12]. La largeur de bande occupée sera égale à :

$$w = \text{Débit utile} * (1 + \text{roll off}) \quad \text{II.1}$$

A la réception, le bloc récupère le signal original et élimine le bruit pour sous échantillonner le signal d'entrée.



**Figure II.7** Blocs Filtre de transmission et réception cosinus surélevé.

### II.2.7 Canal à bruit additif, blanc et gaussien (AWGN) :

Le canal AWGN est un canal d'entrée binaire avec bruit additif caractérisée comme des échantillons d'une répartition de probabilité gaussienne [11].

Dans un canal AWGN, le bruit blanc se constitue d'une densité spectrale constante et une répartition d'amplitude gaussienne qui joue le rôle d'un affaiblisseur de signal. En général, le signal est atténué et déformé lorsqu'il traverse le canal AWGN. On peut transmettre des données à un débit indiqué sur un canal de taille W en Hz avec un taux d'erreurs aussi faible que l'on souhaite à condition de ne pas excéder la capacité C du canal. Shannon a établi la capacité C d'un canal additif gaussien blanc [15] :

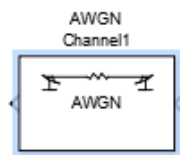
$$C = W * \log_2(1 + \frac{S}{N}) \quad \text{II.2}$$

Avec  $\frac{S}{N}$  est le rapport signal sur bruit.

La répartition gaussienne a une fonction de densité de probabilité donnée par :

$$P_{df}(\eta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} * \exp(-\frac{\eta^2}{2\sigma^2}) \quad \text{II.3}$$

Où  $\sigma$  est la variance d'un processus aléatoire Gaussien.



**Figure II.8** Bloc du Canal à bruit additif blanc et gaussien.


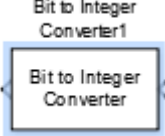

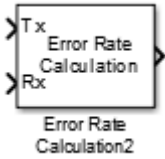
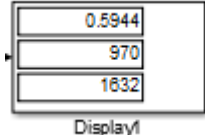
### II.2.10 Décodeur Viterbi (Viterbi decoder) :

Le décodeur de Viterbi au niveau de la réception sert à la protection de l'information et la correction des erreurs introduite à l'intérieur du canal de transmission, et lors de la démodulation. En revanche, l'inconvénient de l'algorithme de Viterbi est l'introduction d'un retard au décodage sur les blocs de données. Il existe 2 types de décodage:

- *Décodage soft* : décodage avant la prise de décision, à partir des valeurs des échantillons reçus et non pas sur des estimations de bits (0 ou 1) utilisant les distances euclidiennes. Son rôle est de décider quel est le mot de code qui a été émis à chaque bloc de  $n$  bits, et en déduire le mot de données de  $k$  bits.
- *Décodage hard* : une estimation du mot de code émis donne le mot de code le plus proche utilisant les distances de Hemming, et décode après la prise de décision. En pratique, la décision hard est moins performante que le soft [13].



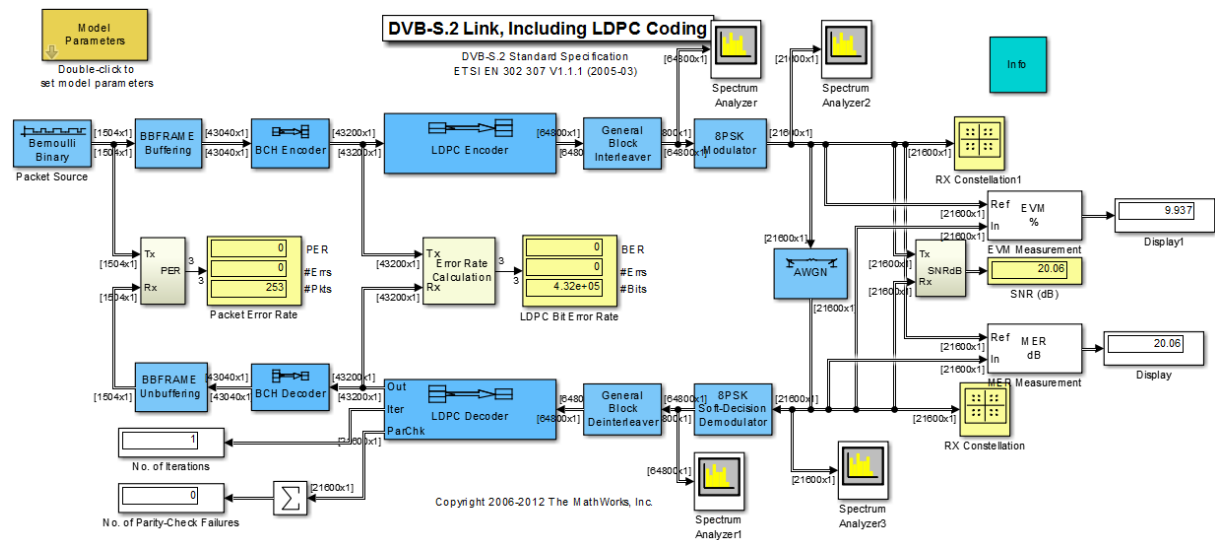
**Figure II.9** Bloc Décodeur Viterbi.

Blocs :	Définitions :	Figures :
<b>Convertisseur d'entier en bit (integer to bit converter)</b>	Il convertit des données de type entier en données binaire.	 <p>The diagram shows a rectangular block labeled 'Integer to Bit Converter'. It has an input arrow on the left and an output arrow on the right.</p>
<b>Convertisseur de bit en entier (bit to integer converter)</b>	Ce bloc convertit le signal du numérique vers l'analogique.	 <p>The diagram shows a rectangular block labeled 'Bit to Integer Converter'. It has an input arrow on the left and an output arrow on the right.</p>
<b>Retard (Delay)</b>	Ce bloc détermine le temps de retard en fonction de la valeur du paramètre de longueur de retard. Il fait ainsi la synchronisation.	 <p>The diagram shows a rectangular block labeled 'Delay'. It has an input arrow on the left and an output arrow on the right. The text 'z^-188' is written inside the block.</p>
<b>Calcul du taux d'erreur (Error rate calculation)</b>	Ce bloc calcule le taux d'erreur BER après avoir mesuré les bits erronés et le nombre total de bits transmis.	 <p>The diagram shows a rectangular block labeled 'Error Rate Calculation'. It has two input arrows on the left labeled 'Tx' and 'Rx', and one output arrow on the right.</p>
<b>Affichage du BER (BER display)</b>	<p>Ce bloc est utilisé pour l'affichage de BER, on trouve 3 cases :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1<sup>ère</sup> case : affiche le taux d'erreur binaire</li> <li>• 2<sup>ème</sup> case : affiche le nombre de bit reçu erronés</li> <li>• 3<sup>ème</sup> case : affiche le nombre de bit émis au total</li> </ul>	 <p>The diagram shows a rectangular block labeled 'Display'. It contains three stacked rectangular boxes. The top box contains the value '0.5944', the middle box contains '970', and the bottom box contains '1632'.</p>

**Tableau II.1** Représentation des blocs de la chaîne DVB-S.

### II.3 Traitement de la chaîne complète DVB-S2 :

La figure suivante représente le schéma bloc de la chaîne d'émission-réception DVB-S2 sous Simulink [15] :



**Figure II.10** Schéma de l'émetteur-récepteur d'une chaîne DVB-S2.

La simulation de la chaîne DVB-S2 est réalisée sous MATLAB avec le Simulink, et est illustrée dans la figure II.10. Ce modèle commence par le bloc Bernoulli qui génère une séquence de bits binaire aléatoire équilibrée pour obtenir une trame de 188 octets, qui est introduite dans le bloc de mise en tampon pour créer une trame de bande de base (BBFRAME). Les paquets de sortie du bloc tampon sont insérés dans le codeur BCH pour construire une trame BCHFEC des trames BBFRAME entrantes après avoir ajouté des bits de contrôle de parité en utilisant un algorithme de codage BCH. Après cela, les bits d'informations sont protégés contre les erreurs en ajoutant des bits de parité à l'aide de l'algorithme de codage LDPC comme codage interne par le codeur LDPC [9].

Les bits codés sont réorganisés pour créer des symboles en utilisant le bloc entrelaceur, pour protéger les données des erreurs de rafale, puis il est suivi par le bloc modulateur qui mappe selon le diagramme de constellation, les lignes entrantes de bits de l'entrelaceur pour créer des symboles modulés [10]. Ses principaux composants sont les blocs de traitement du signal suivants :

### II.3.1 Bloc BBFRAME Buffering :

Utilisé pour préparer les trames BB (Base Band) à servir de trames d'entrée pour le codeur BCH. Tous les cadres sont disposés selon le BCH [9].



**Figure II.11** Bloc BBFRAME Buffering.

### II.3.2 Bloc d'encodeur BCH :

Exécute un codage de correction d'erreur directe. Le codeur BCH ajoute des bits redondants qui sont utilisés pour la correction des erreurs causées par la transmission sur un canal sans fil. En revanche, le bit redondant consomme une grande partie de bande passante.



Figure II.12 Bloc d'encodeur BCH.

### II.3.3 Bloc d'encodeur LDPC :

Effectue un codage de correction d'erreur interne basé sur la parité ; calcul de bits et leur insertion dans la séquence de bits d'information. Dans cette simulation, la trame FEC de sortie (après encodage BCH et LDPC) sera toujours conservée avec une taille fixe de 64 800 bits.

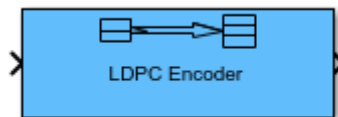


Figure II.13 Bloc d'encodeur LDPC.

### II.3.4 Bloc entrelaceur :

Effectue l'entrelacement des bits des trames FEC reçues afin de distribuer l'énergie et de réduire les erreurs de rafale. Dans la simulation, entrelacement de bits est effectuée en écrivant les données de trame dans des colonnes et en lisant trois colonnes sous forme de lignes [12].



Figure II.14 Bloc entrelaceur.

### II.3.5 Bloc modulateur :

Effectue la modulation du signal. La norme propose 4 modulations différentes, nous simulons sur deux modulations, options de schéma : QPSK avec l'une des onze valeurs de ratio de code et 8PSK avec le ratio de code 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9 ou 9/10.



Figure II.15 Bloc modulateur.

### Remarque :

En réception, la chaîne DVB-S2 contient tous les circuits nécessaires pour effectuer la démodulation et le décodage du signal émis, en utilisant les blocs inverses de l'émission a des fréquences électromagnétiques élevées, étant donné que le signal est soumis à des

interférences par le bruit, les précipitations, et la transmission devient très perturbée ou atténuée en cas de pluie.

## II.4 Paramètres de mesure qualitative :

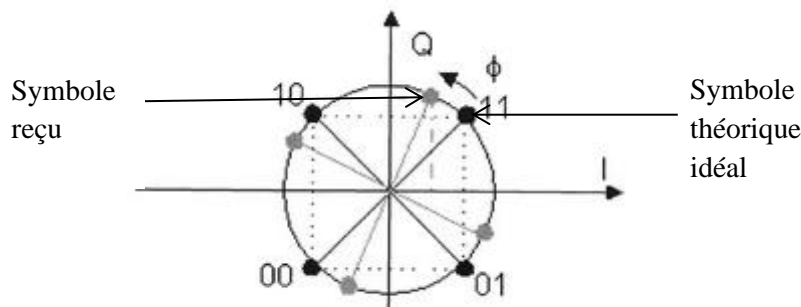
A chaque niveau de transmission d'information, des mesures sont faites afin de maintenir le signal émis. A cet égard la chaîne de transmission DVB-S maîtrise plusieurs paramètres de mesure permettant d'entretenir la qualité du signal et de préserver l'information. Il existe plusieurs paramètres nous citons : le MER, le EVM, le BER, le  $E_b/N_0$ , et le SNR...

### II.4.1 Taux d'erreur de modulation (MER) :

Au cours d'un codage, le modulateur code le signal à transmettre en 0 et 1 effectuant forcément des erreurs, qui peuvent être détectées à travers un paramètre de taux d'erreur de modulation MER. Le taux d'erreur de modulation MER est une valeur mesurée employée en modulation numérique, pour évaluer les performances d'un émetteur ou d'un récepteur TV numérique dans un système de communication.

Un signal envoyé par un émetteur est exposé à des contraintes strictes, pouvant être dues aux conditions météorologiques, le bruit, la distorsion ... Ceci lui apporte une mauvaise distribution des bits lors de la constellation, ce qui fait que les points de constellation réels s'écartent des emplacements idéaux. Sachant que Plus les points sont concentrés au centre de chaque quadrant, meilleure est la réception Figure II.16.

Les données transmises sont des symboles considérés comme des coordonnées rassemblées dans un plan I-Q (I et Q fait référence aux axes « En phase » et « Quadrature » d'un diagramme polaire) formant un vecteur d'erreur défini comme la distance de la position du symbole théorique idéal à la position du symbole reçu [18].



**Figure II.16** Modulation QPSK avec vecteur d'erreur.

Lorsque les points IQ sont situés au centre des quadrants, les symboles peuvent être lus facilement. Mais des défauts de transmission et de réception, ainsi que de mauvaises conditions, peuvent entraîner une dispersion des points QI et entraîner des erreurs de lecture.

Des techniques efficaces de correction des erreurs aideront considérablement à récupérer les données. Le taux d'erreur de modulation est égal au rapport de la puissance quadratique moyenne (RMS)(les erreurs de modulation détectées), en Watts, du vecteur de référence, à la puissance (en Watts) de l'erreur (la valeur médiane). Il est défini en dB par [12] :

$P_{erreur}$  : La puissance RMS du vecteur d'erreur.

$P_{signal}$  : La puissance RMS du signal transmis idéal.

$$MER(db) = 10 * \log_{10}\left(\frac{P_{signal}}{P_{erreur}}\right) \quad \text{II.4}$$

La somme des carrés des grandeurs des vecteurs de symboles idéaux est divisée par la somme des carrés des grandeurs des vecteurs d'erreur de symbole. Le résultat est exprimé en rapport de puissance en dB, est défini comme le rapport d'erreur de modulation (MER) [12] :

$$MER(dB) = 10 * \log_{10}\left(\frac{\sum_{j=1}^N(I_j^2+Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N(\delta I_j^2+\delta Q_j^2)}\right) \quad \text{II.5}$$

#### II.4.2 Vecteur d'erreur de modulation (EVM) :

L'amplitude du vecteur d'erreur ou EVM (parfois également appelée erreur de constellation relative ou RCE). L'EVM représente une mesure de la qualité de la transmission à travers la qualité de la démodulation en réception. Le EVM est une représentation différente du MER, hormis le MER est exprimé en dB et le EVM est une mesure vectoriel exprimé en pourcentage %.

#### II.4.3 Mesure d'E<sub>b</sub>/N<sub>0</sub> :

Pour les systèmes de télécommunication satellitaire, l'accusé de réception la chaîne de transmission dépend du rapport E<sub>b</sub>/N<sub>0</sub> nécessaire pour un taux d'erreur déterminé ;

- E<sub>b</sub> : l'énergie moyenne reçue par bit utile d'information
- N<sub>0</sub> : la densité spectrale de puissance du bruit.

L'étude d'E<sub>b</sub>/N<sub>0</sub> conclut que plus le nombre de bit transmis par symbole est élevé (8PSK) plus l'énergie nécessaire pour la transmission augmente, car le rapport E<sub>b</sub>/N<sub>0</sub> obtenus dans la réception pour la modulation 8PSK est minimale par rapport à celui de la modulation QPSK [13].

#### II.4.4 L'effet du FEC :

L'erreur dans le signal engendre une mauvaise qualité à la réception, et même parfois des coupures de transmission. La correction de ces erreurs se fait par une partie du signal, elle est définie par le FEC. Un FEC élevé assure une bonne qualité du service au niveau de la réception, succédé par un faible BER, par exemple un FEC de 3/4 représente 3/4 des données et 1/4 des bits restant sert à corriger les erreurs.

Le facteur de correction a aussi un effet important sur l'énergie, un FEC élevé (1/2) offre un signal robuste, cependant, avec un FEC faible le signal est sensible au bruit ce qui demande plus d'énergie pour recevoir un bon signal [20].

- L'inconvénient du FEC est l'occupation considérable de la bande passante, pour cela l'opérateur fait le choix du FEC en fonction de critère économique et technique.
- la résolution exige un FEC adapté à la puissance du transpondeur vu du sol [13] ainsi d'augmenter la taille de la parabole et avoir un LNB qui ne génère pas trop de bruit.

#### II.4.5 Taux d'erreur binaire (BER) :

Le taux d'erreur binaire forme l'élément de base représentant la qualité du signal durant la transmission. Un critère de performance définit par le rapport entre les bits erronés et le nombre total de bits transmis [19].

Les mesures de taux d'erreur binaire (BER) qui sont effectuées avant le décodage, permettent de relever le nombre total d'erreurs reçues.

Les mesures en service sont possibles avec des données réelles utilisant les capacités de détection d'erreur de la portion de correction d'erreur R-S du décodeur FEC. Cette méthode fournit une mesure statistique du fonctionnement du signal reçu [19].

L'expression du BER est [20] :

$$BER = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{E_b}{N_0}}\right) \quad \text{II.6}$$

Avec  $\operatorname{erfc}$  la fonction d'erreur donnée par l'équation ci-dessous, où  $E_s$  désigne l'énergie d'un symbole et SNR (Signal to Noise Ratio) est le rapport entre l'énergie d'un symbole et la densité spectrale de bruit [20] :

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x) = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x \exp(-t^2) dt \quad \text{II.7}$$

Si la valeur estimée du BER dépasse la valeur  $10^{-3}$ , la mesure doit être considérée comme peu fiable en raison des limites de l'algorithme de décodage RS.

Les codes correcteurs ne peuvent fonctionner correctement que si le BER avant correction est inférieur à  $10^{-1}$  [12].

#### II.4.6 Signal sur bruit (SNR) :

Dans le cas de la modulation QPSK, un symbole contient deux bits. On a donc :



$$SNR = \frac{E_S}{N_0} = \frac{2E_b}{N_0} \quad \text{II.8}$$

La relation entre le signal et le bruit est décrite par le paramètre de SNR. En général, la variation du SNR est expliquée par la variation de signal de puissance de bruit et est inversement proportionnelle au taux d'erreur binaire BER [20].

Cela veut dire, Les techniques de transmission augmentent le rapport signal sur bruit à la réception mais n'empêchent pas les erreurs.

### II.5 Étude et analyse des paramètres de mesures :

La propagation du signal au niveau de la chaîne subit des atténuations affectées par le canal, les conditions météorologiques, ainsi plusieurs phénomènes participant à la déformation du signal.

La distorsion du signal est identifiée par des mesures de paramètres qualitatifs, à travers les tableaux suivant nous pouvons extraire le favorable du défavorable :

Condition météorologique	Eb/N0	Mesure des paramètres du système	
Temps ensoleillé	10.53	BER	0
		MER	41.82
		EVM	0.2852
	18.48	BER	0
		MER	49.77
		EVM	0.1142
Temps pluvieux	2.92	BER	0.5173
		MER	34.21
		EVM	0.685
	15.12	BER	0
		MER	46.41
		EVM	0.1681

Pour une antenne de 0.6 (m)

Pour une antenne de 11.3 (m)

**Tableau II.2** Les paramètres de la chaîne DVB-S.

Condition météorologique	$E_b/N_0$	Mesure des paramètres du système	
Temps ensoleillé	9.34	BER	0
		MER	18.69
		EVM	11.69
	17.33	BER	0
		MER	34.67
		EVM	1.848
Temps pluvieux	3.21	BER	0
		MER	6.427
		EVM	47.72
	15.17	BER	0
		MER	30.35
		EVM	3.039

**Tableau II.3** Les paramètres de la chaîne DVB-S2 avec la modulation QPSK.

Condition météorologique	Eb/N0	Mesure des paramètres du système	
Temps ensoleillé	9.34	BER	0
		MER	28.08
		EVM	3.947
	17.33	BER	0
		MER	52.05
		EVM	0.24499
Temps pluvieux	3.21	BER	0
		MER	9.685
		EVM	32.79
	15.17	BER	0
		MER	45.57
		EVM	0.5269

**Tableau II.4** Les paramètres de la chaîne DVB-S2 avec la modulation 8-PSK.

Dans cette analyse, nous faisons varier les valeurs d’Eb/N0 (ses valeurs ont été enregistrées dans la station de diffusion d’Alcomsat-1 dans différentes conditions météorologiques), et nous mesurons les différents paramètres qualitatifs (BER, MER, EVM) pour les deux chaînes de transmission DVB-S/S2 :

- DVB-S en modulation QPSK avec un FEC de  $\frac{3}{4}$ .
- DVB-S2 avec la modulation QPSK avec un FEC de  $\frac{3}{4}$  et 8-PSK avec un FEC de  $\frac{2}{3}$ .

Nous estimons les valeurs d’Eb/N0 pour une antenne performante de 11.3 (m) qui se trouve en station évoqué a un cas favorable et pour le cas d’antenne d’utilisateur a 0.6 (m) représentant un cas défavorable.

### II.5.1 Interprétation des résultats :

Nous remarquons que l’augmentation du MER et due par l’élévation du rapport Eb/N0, en revanche le EVM diminue, quant au taux d’erreur sur les bits pour la DVB-S2, il reste le même quelles que soient les conditions météorologiques et se montre résistante et performante, contrairement à la DVB-S a un BER influençable aux parasites.

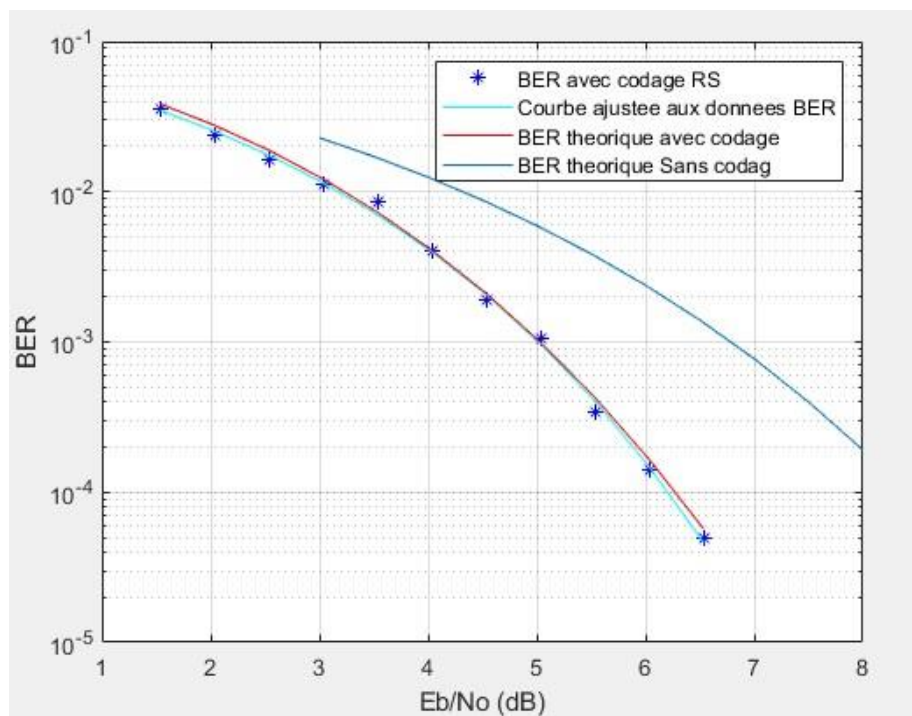
Nous pouvons voir d'après les résultats qu' $E_b/N_0$  influence beaucoup sur les paramètres du signal satellite, une bonne qualité de signal indique un  $E_b/N_0$  élevé.

## II.6 Estimation du BER avec la modulation QPSK dans un canal AWGN avec le codage Reed-Solomon :

Dans cette analyse nous testons le codage Reed-Solomon dans une liaison avec modulation QPSK, sur un canal AWGN, et les décodeur afin de voir l'impact de la correction d'erreur sur le signal reçu pour pouvoir collecter des statistiques d'erreur [20].

Nous estimons le taux d'erreur par bits sur une plage de valeurs  $E_b/N_0$  en prenons en compte le gain de codage RS, La simulation s'exécute jusqu'à 100 erreurs ou plus [20].

Les courbes sont illustrées sur la figure II.17. Les courbes représentent le taux d'erreur sur les bits avec un changement d' $E_b/N_0$  comme indique la figure ci-dessus :



**Figure II.17** Comparaison de la valeur du BER en fonction du  $E_b/N_0$  dans le cas avec et sans codage RS.

### Interprétation des courbes :

L'analyse des performances des codes RS est effectuée à travers une comparaison de courbe à BER théorique avant et après codage RS. On se référant à la figure II.17, nous pouvons observer que les valeurs du BER théorique sans codage sont distinguées des valeurs du BER théorique avec codage.

À 3dB le BER théorique sans codage est de 0.025 et avec codage est de 0.01. La différence entre les deux courbes est de 0.015. Remarquons qu'à un même  $E_b/N_0=3\text{dB}$ , le BER avec codage < BER sans codage.

Alors qu'à 8dB le BER théorique sans codage est de 0.000225, et à 6.5 dB le BER théorique avec RS est de 0.00005, ce qui comprend une différence de 0.000175. Remarquons ainsi que bien que si le  $E_b/N_0$  pour BER sans codage est élevé au  $E_b/N_0$  pour BER avec codage, l'erreur reste à une valeur importante avant pour une transmission sans codage.

Cela prouve que lorsque la valeur du  $E_b/N_0$  est élevée, le BER théorique avec codage a une meilleure performance, c'est-à-dire que le signal comprend moins d'erreurs à la réception.

## II.7 Estimation du BER avec codage convolutif :

L'estimation du BER dans cette partie se fera en utilisant le codage convolutif et décodeur Viterbi, afin d'estimer les taux d'erreur par bits. La complexité d'un décodeur Viterbi augmente rapidement avec le débit de code.

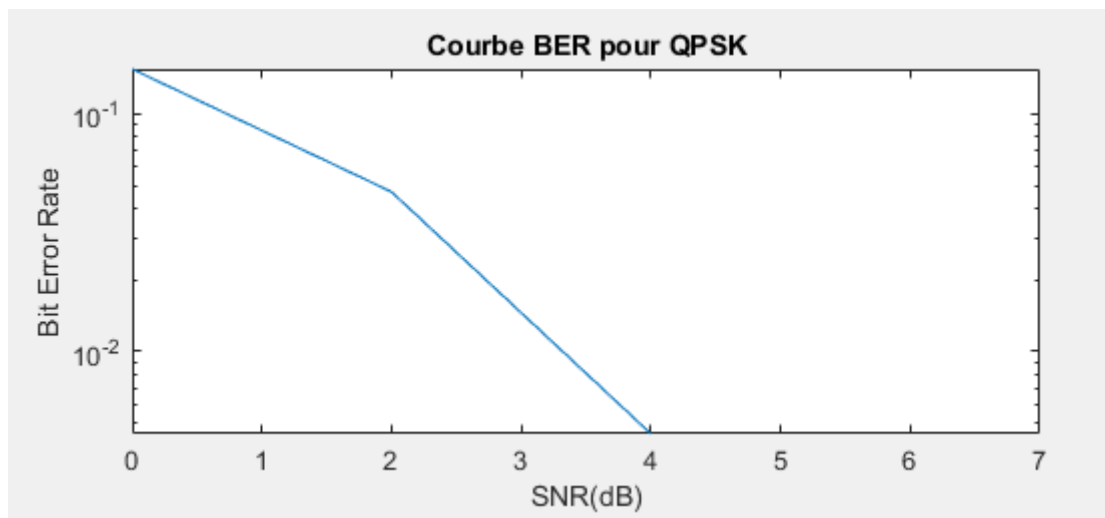


Figure II.18 Estimation du BER avec codage convolutif.

### Interprétation du graphe :

Le paramètre SNR réglé sur 0dB enclenche un BER considérable d'environ 0.15. Nous constatons au fur et à mesure d'élévation du SNR la courbe décroît jusqu'à un SNR= 4dB le BER atteint une valeur nulle.

On déduit qu'un codeur correcteur d'erreur convolutif permet de minimiser la valeur de taux d'erreur binaire jusqu'à disparition de l'erreur.

## II.8. Estimation du BER dans la chaîne DVB-S2 avec le codage LDPC :

Les applications par satellite (DVB-S2) sont connues par leur large bande. Pour cela ils utilisent des codes LDPC et BCH pour augmenter la capacité du canal, en utilisant un algorithme de décodage itératif moins complexe [2]. Ainsi, Les codes BCH externes sont utilisés pour corriger les erreurs faites par le décodeur LDPC.

Dans cette analyse nous traitons les données en utilisant des codeurs BCH et LDPC comme codes interne et externe, respectivement. Le nombre de paquets de données par trames est déterminé par le système. Puis, Les bits codés traversent un entrelaceur.

Le modulateur colle les bits entrelacés aux symboles de la constellation prédéfinie. Les symboles modulés passent par un canal AWGN [22].

En décodage Le démodulateur utilise un algorithme de vraisemblance logarithmique approximative pour obtenir des estimations des bits émis. Le décodeur LDPC décode les valeurs des bits désentrelacés et génère des décisions. Le décodeur BCH travaille sur ces décisions pour créer l'estimation finale de la trame reçue.

A partir de cette estimation, nous avons pu mesurer les performances telles que le taux d'erreur sur par BER en prenant en considération les valeurs du SNR reçue.

Dans cette partie, nous simulons l'encodeur LDPC selon la chaîne émetteur-récepteur (DVB-S2). La figure II.19 illustre le taux d'erreur aux sorties du décodeur LDPC et du décodeur BCH.

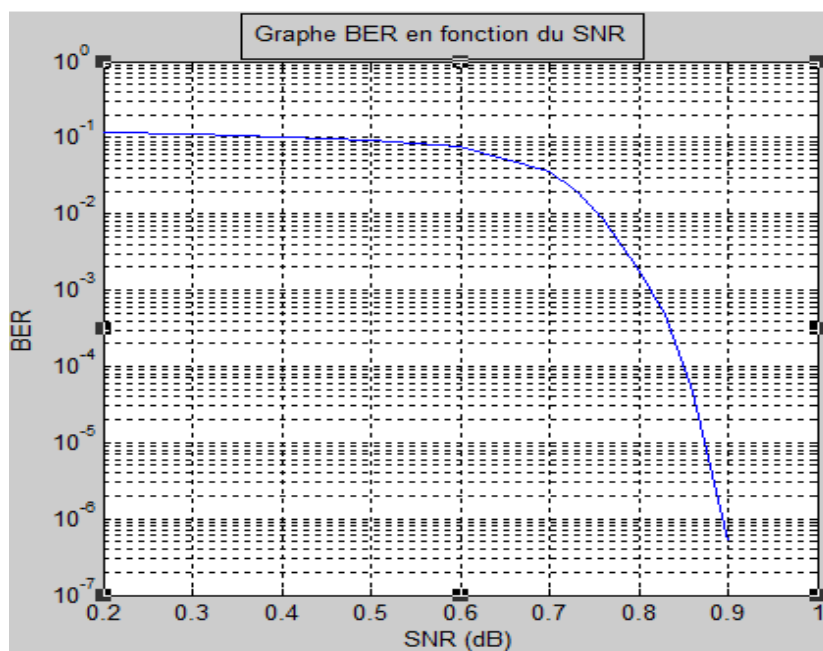


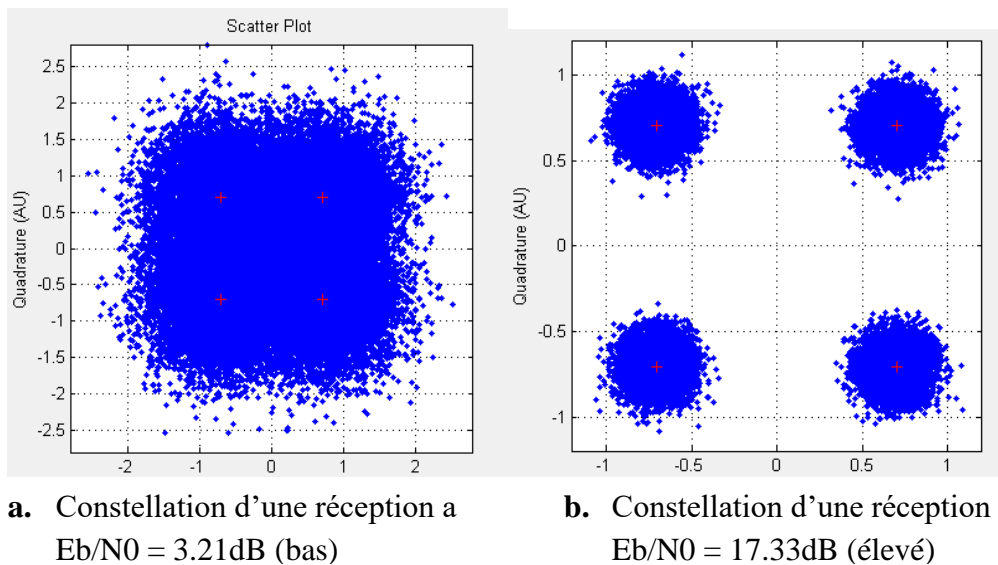
Figure II.19 Estimation du BER dans la chaîne DVB-S2 avec le codage LDPC.

**Interprétation du graphe :**

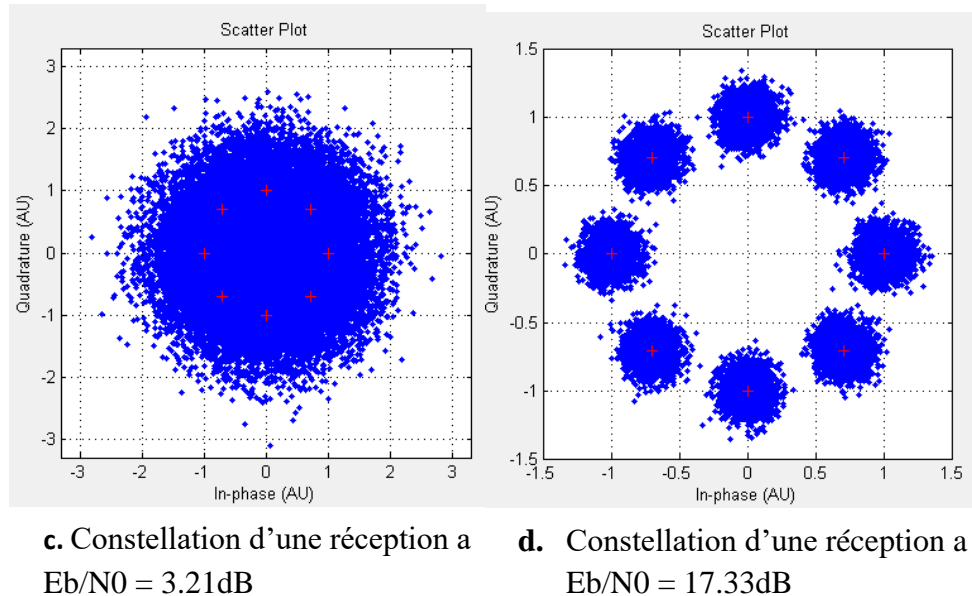
Les résultats obtenus représentent le taux d'erreur par bits en fonction du rapport signal sur bruit (SNR) comme indiqué sur la courbe ci-dessus. La courbe est générée en augmentant les valeurs SNR, cela diminuera la probabilité de bits erronés. A un SNR de 0.2 nous avons un taux d'erreur de  $10^{-1}$ . Avec l'augmentation du SNR, le taux d'erreur par bits diminue, ceci jusqu'à l'obtention d'un BER de  $10^{-7}$  négligeable avec un SNR de 0.9. Par conséquent, le codeur LDPC permet une réduction du taux d'erreur BER.

Concluons que grâce au décodeur LDPC la DVB-S2 offre un fonctionnement quasi sans erreur, avec un taux d'erreur de paquet inférieur à  $10^{-7}$ .

Nous pouvons constater une précision à la réception du signal en termes de clarté sur les constellations suivantes :



**Figure II.20** Diagramme des constellations d'une modulation QPSK de la chaîne DVB-S2.



**Figure II.21** Diagramme des constellations d'une modulation 8-PSK de la chaîne DVB-S2.

### **Interprétation des résultats :**

Nous montrons l'effet du bruit sur la constellation dans une chaîne de transmission DVB-S2 avec deux modulations, QPSK pour la figure II.19 et 8-PSK pour la figure II.20. En premier lieu, nous avons configuré la valeur  $E_b/N_0$  du canal gaussien à la valeur de 3.21dB pour les deux modulations proposées. Nous apercevons sur la constellation que cette valeur indique que ce canal est trop bruité ce qui engendre des interférences, ce qui fait que le démodulateur ne restitue pas correctement les symboles.

Dans le cas où la valeur  $E_b/N_0$  est élevée à 17.33dB pour les deux modulations proposées (b/d). Nous constatons une amélioration sur le diagramme, et remarquons que les points sont beaucoup plus définis et centrés, à savoir que les symboles sont plus ou moins reconnus par le démodulateur avec un minimum d'erreur.

Nous déduisons qu'une valorisation d' $E_b/N_0$  assure une meilleure interprétation du signal.

## **II.9. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons simulé les deux chaînes de transmission DVB-S et DVB-S2 sous simulink après avoir prospecté les rôles de chaque bloc. Cette simulation est importante pour déterminer les performances des chaînes en vue de BER, MER, EVM, SNR et  $E_b/N_0$  afin de préserver la qualité du signal.

D'abord, sur la chaîne DVB-S nous avons étudié les performances de deux codes code RS et code convolutif ainsi les détails les plus précis à travers l'identification de la méthode de l'encodage et de décodage pour chaque code, les paramètres et l'étendue de leur effet en tant que pour spécialisations afin de corriger les erreurs sous l'influence du bruit. Cette simulation nous a montré une diminution du taux d'erreur pour l'augmentation du SNR et de l' $E_b/N_0$ . Quant à la DVB-S2, le test effectué sur le codage LDPC nous a garanti une façon de surmonter les erreurs dans la transmission est de maximiser le rapport SNR.

Concluons que les codages correcteurs d'erreur offre des paramètres qualitatifs a un effet assurant un signal robuste contre le grand nombre d'erreurs inhérentes à la transmission par satellite. L'analyse du tableau nous a dévoilé une autre manière d'avoir une réception exemplaire du signal est d'augmenter le gain de l'antenne, un rapport entre la puissance qu'il faudrait fournir à une antenne de référence convenablement, et celle qu'il faut fournir à l'antenne considérée pour produire la même intensité de rayonnement.

Dans le chapitre suivant nous étudions l'optimisation des performances traitées dans ce chapitre, avec l'équipement du contrôle automatique de puissance montante nommée AUPC dans toutes conditions météorologiques.



# **Chapitre III :**

## **Analyse de l'influence des conditions météorologiques sur la chaîne DVB-S/S2.**

### III.1. Introduction :

L'atmosphère est l'un des facteurs responsables pour la perte du trajet de signal du aux phénomènes météorologiques. La météo est soumise à de fréquents changements qui peuvent entraîner une grave dégradation des performances du système. Par conséquent, il est essentiel d'explorer les facteurs affectant la qualité des liaisons satellite, afin d'atténuer leurs impacts et de s'adapter à des conditions variables.

Nous allons présenter dans ce chapitre une chaîne de transmission réelle DVB-S/S2, qui se trouve au centre d'exploitation des systèmes de télécommunications spatial, et les différents éléments qui constituent cette chaîne, dans le but d'étudier l'effet des phénomènes météorologiques sur une liaison satellites.

### III.2. Canal à bruit blanc gaussien additif (Additive White Gaussian Noise AWGN) :

Le passage de l'information à travers un canal de transmission est critique [23]. Le signal subit des atténuations qui vont limiter sa portée et des déformations, ainsi que les différentes perturbations en raison de la présence de bruit (bruit interne au récepteur ou interférences externes), et par les caractéristiques du canal, cela peut conduire à une diminution des performances, et à une corruption d'une partie de l'information, voire une perte totale du lien [23].

Le canal a bruit blanc gaussien additif est une forme de bruit amplement employé dans de plusieurs secteurs, il désigne le support de transport de l'information entre deux entités de communicantes, Néanmoins, une évaluation précise du seuil de bruit d'un récepteur nécessite de tenir compte du bruit externe. Selon l'environnement dans lequel fonctionne le récepteur, la contribution du bruit externe pourra largement augmenter le seuil de bruit. Ce seuil de bruit est important à considérer car il constitue le niveau de bruit minimal d'un récepteur.

On parle donc de bruit blanc gaussien : Par définition, le bruit est un signal parasites aléatoire (le plus souvent d'origine thermique) superposé au signal utile, blanc par analogie avec la lumière blanche qui a une amplitude constante sur large bande de spectre, et gaussien par sa distribution statistique [23].

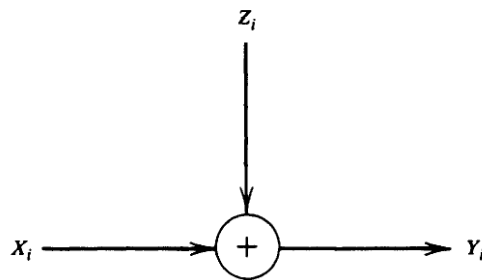
Il s'agit d'un canal discret temporel avec sortie  $Y_i$  au temps  $i$ , où  $Y_i$  est la somme de l'entrée  $X_i$  et du bruit  $Z_i$ . En effet, lorsqu'un phénomène correspond à la somme d'un grand nombre de variables aléatoires  $Z_i$  (bruit intense), il est possible de démontrer par le théorème de la limite centrale que la distribution statistique de ce phénomène suit une distribution gaussienne de variance  $N$  [23].

$$Y_i = X_i + Z_i \quad Z_i \sim (0, N) \quad \text{III.1}$$

avec  $Y_i$  : Signal reçu bruit inclus.

$X_i$  : Signal émis.

$Z_i$ : Bruit supposé indépendant du signal  $X_i$ .



**Figure III.1** Signal au bout du canal gaussien.

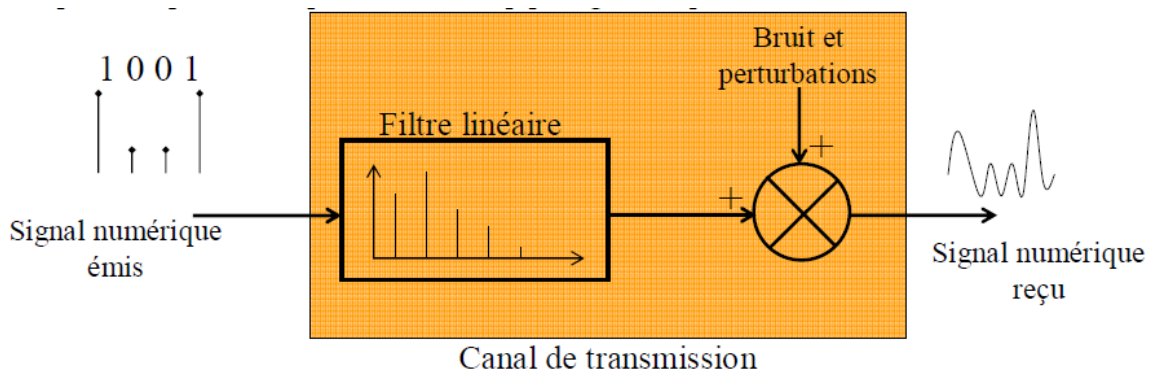
- Si la variance du bruit  $Z$  est nulle, alors le récepteur reçoit le symbole transmis à la perfection, puisque  $X$  peut prendre n'importe quelle valeur réelle et le canal peut transmettre un nombre réel arbitraire sans erreur.
- Si la variance du bruit est non nulle et qu'il n'y a pas de contrainte sur l'entrée, nous pouvons choisir un sous-ensemble infini d'entrées arbitrairement éloignées.

Un bruit gaussien suit une distribution gaussienne, caractérisée par une moyenne  $\mu$  et une variance  $\sigma^2$ . La densité de probabilité est donnée par l'équation :

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad \text{III.2}$$

La figure III.2 illustre le modèle général d'un canal AWGN. Le canal est caractérisé par une fonction de transfert ou une réponse impulsionnelle, qui décrivent le comportement soit fréquentiel, soit temporel du canal [23].

Les perturbations externes et le bruit se couplent au canal et sont ajoutés au signal transmis. Ce modèle est le plus utilisé pour le dimensionnement des équipements de télécommunications car il reproduit parfaitement leur comportement vis-à-vis du bruit thermique. Ce bruit a un effet néfaste sur les communications analogiques et digitales, tant que le signal ne présente pas une amplitude beaucoup plus grande que ce bruit [23].



**Figure III.2** Modèle général d'un canal de transmission à bruit additif.

Les composants électroniques formant les récepteurs ne sont pas les seuls à induire un bruit perturbant les communications. Il peut aussi venir de l'extérieur, produit par des phénomènes météorologiques.

### III.3. Définition de L'atmosphère :

En pratique, dans une liaison satellite, il se trouve qu'en plus des pertes produites par l'émetteur et le récepteur, ou dans le canal entre les antennes, il existe d'autres affaiblissements supplémentaires due à la diffraction et la réfraction des signaux émis dans les couches atmosphériques par rapport aux phénomènes météorologiques [24].

Nous intéressons principalement à la couche troposphère elle représente les couches inférieures qui constituent l'environnement terrestre, pour une altitude de 8 km à 15 km. C'est le milieu de propagation des ondes ou ils sont exposés à des perturbations météorologiques comme l'humidité, pression, vent et pluie. Ces paramètres sont des variables aléatoires puisque l'atmosphère est tempérée différemment sur la surface de la terre [24].

Les ondes radio émises par les satellites subissent des perturbations troposphériques météorologiques, qui agissent sur les signaux radio en les réfractant, ce qui engendre des pertes dans la liaison satellite [24].

L'indice de réfraction est défini par les conditions météorologiques (pression, température, humidité), on considère l'indice de réfraction  $N$  relié à  $n$  l'indice réel par la relation [24] :

$$N = (n - 1) * 10^6 \quad \text{III.3}$$

L'indice de réfraction  $N$  est mesuré par un nombre compris entre 0 dans le vide et en environ 300 au niveau du sol, en fonction des grandeurs météorologiques,  $N$  est donné par la formule [24] :

$$N = \frac{77.6 * (P + 4810 * \frac{E}{T})}{T} \quad \text{III.4}$$

Où :

$T$  : la température absolue ( $k^\circ$ ).

$P$  : la pression (millibars).

$E$  : la pression partielle de vapeur d'eau (mbar).

### III.4. Affaiblissement due aux phénomènes météorologiques :

L'atmosphère n'est pas totalement accessible pendant le transfert de l'information. Lors de la propagation, le signal confronte une certaine atténuation provoquée particulièrement par l'eau qui peut être sous forme de pluie ou de nuage..., ou aux composants gazeux de l'atmosphère. Cette atténuation diminue lorsque les particules se minimise autrement dit, quand-il fait soleil [24].

- **Brouillard et nuages :**

Les brouillards et les nuages de pluie sont constitués de petites particules d'eau. L'affaiblissement est provoqué particulièrement par l'absorption de l'énergie par les particules d'eau. La relation de l'affaiblissement causé par les nuages ou le brouillard est comme suit [24] :

$$\gamma = A.M.F^2 \quad \text{III.5}$$

*A* : le coefficient qui dépend uniquement de la température.

*γ* : L'affaiblissement (dB/Km).

*F* : la fréquence (Ghz).

*M* : la quantité d'eau (g/cm<sup>3</sup>).

- **Pluie :**

La pluie est le phénomène provoquant le plus d'affaiblissements, qui est parfois très important pendant la transmission, elle est due à l'absorption et à la dispersion des ondes radio par les gouttes d'eau de différentes tailles [24] ;

- Particules d'eau < 10Ghz : l'affaiblissement est faible pour des particules plus ou moins petites.
- Particules d'eau >10Ghz : les particules sont de taille largement grande et donc son effet est important sur la propagation d'ondes.

### **III.5 Contrôleur automatique de puissance de liaison montante AUPC :**

La météo est le facteur principal qui impacte la qualité du signal, et qui pourrait entraîner dégradation du la qualité de signal, et parfois même des interruptions.

Les contrôleurs automatiques de liaison montante, tels que la série UPC7000 de Peak Communications, constitue une aide pour les téléports afin de maintenir les liaisons satellitaires et de service les clients en toutes conditions météorologiques.

#### **Le principe de l'AUPC :**

Le changement des conditions météorologiques nécessite d'apporter des ajustements dans l'exploitation des systèmes de transmission au quotidien, afin de faire face au mauvais temps. Par conséquent, à l'atténuation de puissance qu'ils peuvent subir.

Un équipement P7000 de Peak Communications, nommé AUPC, est une alternative mis en place pour effectuer une manipulation des paramètres physique, permettant de contrôler les phénomènes atmosphériques. Afin d'obtenir des conditions favorables et d'amoinrir les

phénomènes violent qui engendre une coupure de signal, l'AUPC réagit en fonction des conditions météorologique avec une compensation de puissance du signal en liaison montante par apport à l'atténuation du retour de manière à maintenir un niveau de puissance de liaison constante au niveau du satellite [26].

L'atténuation du retour sur la liaison descendante est reçue en volt par un récepteur de balise, un voltage de 3.94V représente un cas ensoleillé (idéal) qui n'aura pas besoin de compensation de la part de l'AUPC, en revanche, une réception balise de plus ou moins 3.94V nécessite un réglage de compensation d'atténuation sur la liaison montante comme le montre la figure III.3.

Un calibrage doit être abordé par L'utilisateur sur le système de contrôle de la puissance en condition de ciel clair pour chaque récepteur en fonction de la force du signal de liaison descendante. Eventuellement, une liaison montante dans des mêmes conditions est spécifier à une atténuation maximale de 10dB [26], prenant comme exemple une détection d'atténuation a 7.5dB donc une compensation sera estimée à 2.5dB.

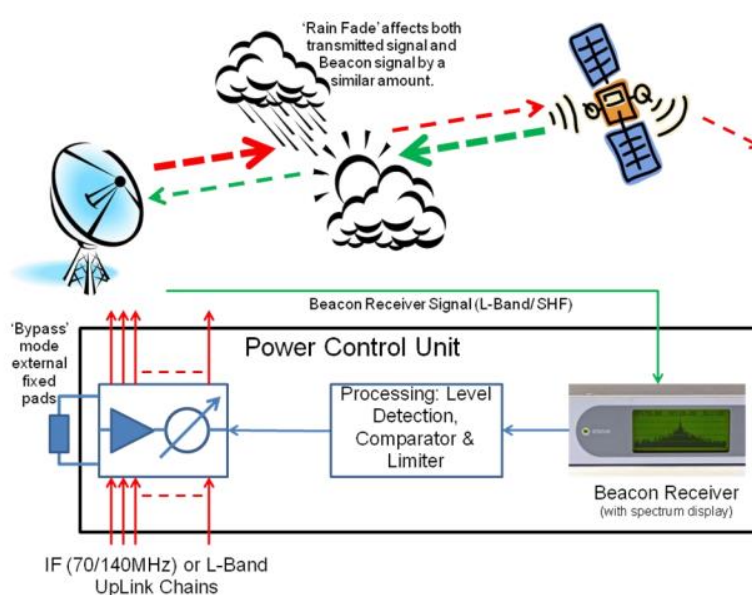


Figure III.3 Schéma de base du bloc RF.

### III.6 Exploitation et paramétrage d'une chaîne de transmission DVB-S/S2 dans un cas de satellite ALCOMSAT-1 :

Le satellite ALCOMSAT-1 prend en charge neuf transpondeurs dédié pour la télédiffusion, ce qui mène à une capacité de télédiffusion de  $9 \times 36\text{MHz}$ . La chaîne de télédiffusion permet de conditionner le signal audiovisuel à travers une chaîne de transmission DVB-S/S2, et transformer ce signal non exploitable à un signal diffusé qui peut être capté et interprété par les démodulateurs du client.

La figure III.4 présente une combinaison de plusieurs équipements à en faire une chaîne de transmission DVB-S/S2 dans la station de télédiffusion, de manière à bien mener la transmission du signal satellite.

La chaîne de transmission est constituée de trois sous-systèmes :

- Sous-système encodage et multiplexage
- Sous-système modulateur
- Sous-système RF

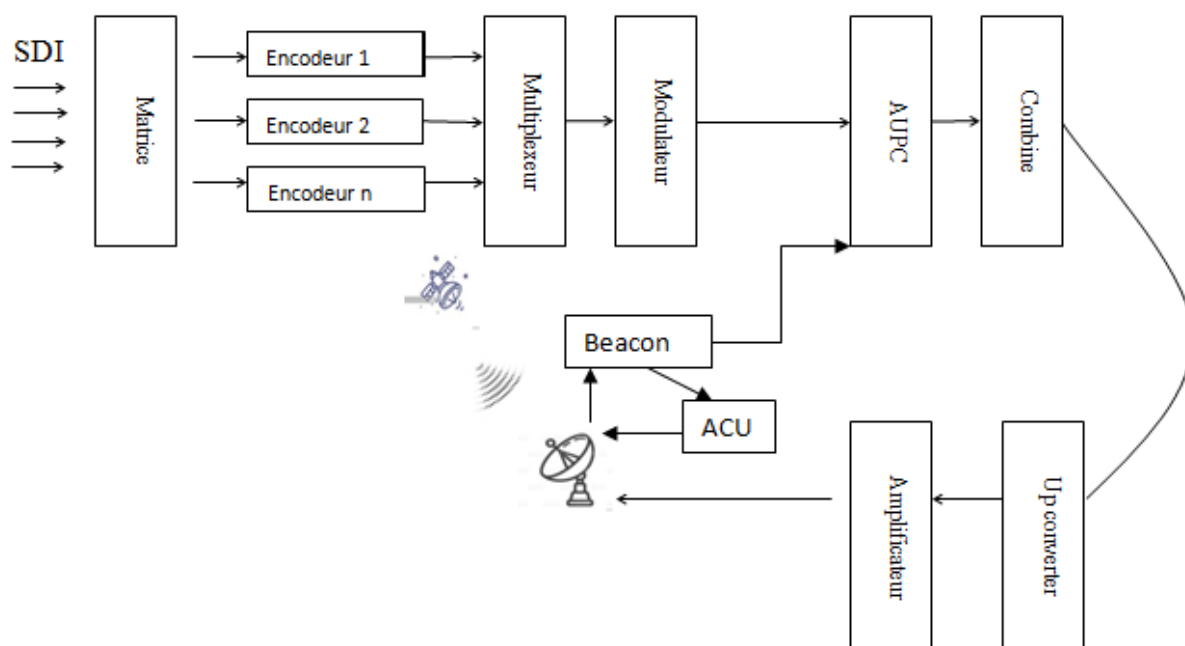


Figure III.4 Chaîne de transmission DVB-S/S2.

### III.6.1. La partie émission de la chaîne de transmission :

#### III.6.1.1. Sous-système encodage et multiplexage :

La partie source est de format de transport SDI avec une certaine synchronisation gérée à travers un équipement matrice chargé pour l'opération de routage permutation... le signal en bande de base est caractérisé en sortie en format E/S (Elementary Stream) qui désigne un flux élémentaire contenant des éléments audio et vidéo séparé prête à être compressé pour qu'il puisse être envoyé sur un débit de 2Mbit/s pour une chaîne SD (MPEG2), et de 8Mbit/s pour une chaîne HD (MPEG4).

Concrètement, on compresse la vidéo et l'audio seul à seul au niveau de l'encodeur, même si les deux paramètres sont liés par un paramètre de synchronisation. En effet, la

compression audio utilise MPEG-2, et la compression vidéo on utilise soit MPEG-2 ou MPEG-4.

L'encodeur MPEG-2 multicanal Harmonic peut intégrer jusqu'à quatre encodeurs pour des chaînes SD (figure III.5)



**Figure III.5** L'encodeur MPEG-2 multicanal Harmonic pour la compression des chaînes SD.

La chaîne de transmission de centre CESTSS de l'ASAL se compose de cinq encodeurs MPEG-2 multicanal marque Harmonic (quatre encodeurs principaux et un redondant). Chaque encodeur prend en charge la compression de quatre chaînes SD.

Pour la compression MPEG 4 des chaînes HD, sept encodeurs ellipse 3000 de marque Harmonic (6 encodeurs principaux et un backup) sont utilisés. Chaque encodeur prend en charge la compression d'une seule chaîne HD (Figure III.6).



**Figure III.6** Encodeur MPEG-2/MPEG-4 SD/HD AVC Harmonic Ellipse 3000 pour la compression des chaînes SD.

### III.6.1.2. Multiplexage :

La deuxième étape dans notre chaîne de transmission DVB est le multiplexage de plusieurs services (TV, Radio ou données) en un seul bouquet. Pour cela, les programmes seront multiplexés avec des tables PSI/SI, qui permettent de mémoriser la structure et l'organisation de l'information de façon synchrone entre l'audio et la vidéo.

Le format après multiplexage est le transport stream (TS), c'est le format le plus adapté au format diffusion par satellite, dans le processus de multiplexage les services de radiodiffusion (chaîne, radio...) sont assemblés en flux de transport, chaque flux transporte un nombre de chaînes télévisées, la transmission de ces flux est sous la forme d'un bouquet (plusieurs programmes regroupés sur une même fréquence) numérique vers le décodeur compatible au codeur qui est à son tour fait le démultiplexage, vérification des droits d'accès, décodage et transmission vers la télévision.

Ce multiplexeur va fournir un moyen de décrire le contenu du flux multiplexé dans le flux lui-même afin qu'il puisse être récupéré et démultiplexé dans le décodeur.



La chaîne de transmission de centre CESTS d'ASAL contient deux multiplexeurs de marque harmonique (un principal et un redondant) (Figure III.7).



**Figure III.7** ProStream 1000 de Harmonic.

### III.6.1.3. Sous-système modulation :

Par la suite le signal subit une modulation de phase afin d'adapter le signal à émettre au canal de transmission. Elle produit de hautes bandes de fréquence présentant des caractéristiques bien meilleures et permettant un partage du canal radiofréquence entre tous les systèmes de télécommunications.



**Figure III.8** Sous système modulateurs Newtec Satcom M6100.

La chaîne d'émission du centre CESTS vers le satellite ALCOMSAT-1 dispose quatre modulateurs Newtec Satcom M6100 (Figure III.8). Les deux modulateurs ci-dessus sont affectés pour la norme DVB-S/S2 respectivement. Pour chaque groupe modulateur l'un est le modulateur principal tandis que le seconde est un « redondant ».

### III.6.1.4 Sous-système RF :

#### III.6.1.4.1 AUPC :

Cet appareil est un élément clé pour compenser les pertes et baisser les signaux dues aux fluctuations météorologiques. Son rôle est de compenser toute atténuation du signal qu'il va subir aux différentes raisons, principalement pour les conditions météorologiques.

L'AUPC (Figure III.9) compare entre la tension reçue d'un signal de retour et la tension avec laquelle le signal été émis et réagit avec une compensation suivant cette atténuation.

- Atténuation maximale → condition météorologique idéal
- Atténuation minimale → changement climatique (humidité-pluie-nuage...)



Figure III.9 AUPC de type UPC7000 de Peak Communications.

#### III.6.1.4.2 Mélangeur de fréquence (up converter) :

Le mélangeur de fréquence a pour fonction la transposition en fréquence du signal RF vers une fréquence plus haute subissant de forte atténuation. Pour le cas d'émission, le signal sortant du modulateur est transposé vers une fréquence plus haute, jusqu'à une fréquence d'environ de 18GHZ.

Les convertisseurs utilisés par le centre sont de la marque MPeak Communication (un principal et un autre comme backup).

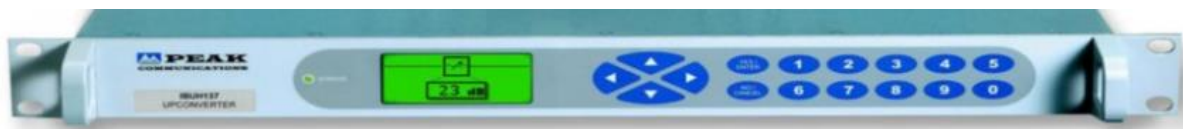


Figure III.10 Up Converter de Peak Communications.

#### III.6.1.4.3 Amplificateur de puissance HPA :

Pour assurer correctement l'acheminement des informations, les émetteurs ont besoin d'amplificateurs de puissance pour fournir une certaine puissance aux signaux et éviter qu'ils ne s'affaiblissent fortement lors de leur propagation dans l'espace libre [12].

Enfin à travers des guides d'onde et un certain câblage, l'antenne 11m d'émission LNA transmet le signal au satellite.



**Figure III.11** Amplificateur compact haute puissance 750W

(Compact high power amplifier).

### **III.6.2 La partie réception de la chaîne de transmission:**

#### **III.6.2.1. L'Antenne DBS 11.3m :**

Le retour du signal est vers une Antenne de satellite de télédiffusion directe. La DBS est une antenne de type FMA utilisé pour une rotation allant jusqu'à 360° et une élévation d'angle jusqu'à 90° afin de poursuivre le positionnement du satellite.

Elle concerne les satellites utilisant la bande KU à une émission entre 17-18Ghz pour émettre de très forte puissance comme la télévision qui suit un retour de 12.1-12.5Ghz [27].

L'antenne 11.3m capte le phénomène physique (pluie, pression, poids...) le convertir en un signal électrique ensuite il l'interprète en volt (signaux en tension). Dans des conditions idéales la tension est atténuée au maximum à 3.94V.



**Figure III.12** Antenne DBS 11,3m de télédiffusion.

#### **III.6.2.2 Translateur de fréquence (Down Converter) :**

Avant le translateur de fréquence, les signaux reçus passent par l'amplificateur faible bruit (LNA), un dispositif électronique chargé de mettre en forme des signaux très faibles en provenance d'une antenne, pour minimiser les pertes en ligne.

Le translateur de puissance (Figure III.13) traduit la fréquence de liaison descendante en fréquence en band L.



Figure III.13 Down Converter de Peak Communication.

### III.7 La réception et la supervision professionnelle :

Dans la salle d'exploitation se trouve tous les équipements soft et hard pour la supervision des signaux transmis, et reçus, leurs qualités, de l'état des transpondeurs (bande occupée par les chaînes transmises, niveau de signal...) et surtout afin d'assurer la continuité de services (Annexe D).

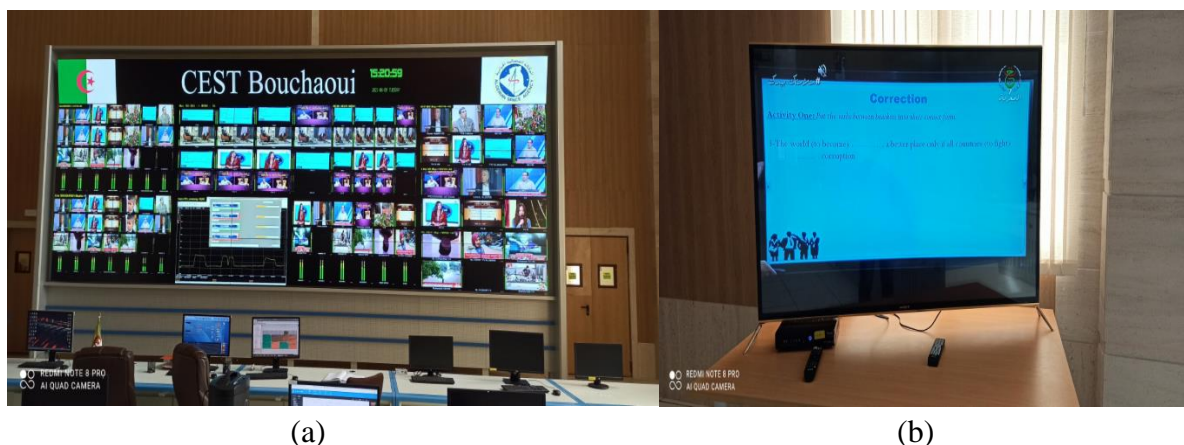


Figure III.14 a-Salle d'exploitation de la chaîne de transmission, b-Réception grand publique.

La configuration, la supervision et la surveillance est nécessaire pour garantir la qualité et la continuité de service audiovisuelle à travers le satellite de communication. Afin d'y parvenir, les logiciels de la station qui intègre efficacité et flexibilité pour surveiller tous les sous-systèmes de la chaîne de transmission. Ses modules de gestion et de surveillance peuvent être configurés de manière flexible, pour le réglage automatique des alarmes selon les exigences du sous-système.

### III.8 Paramétrage de modulateur DVB-S/S2

Lors d'une transmission satellitaire le signal passera sous plusieurs transformations qui enclenche un ensemble d'erreur dû à des phénomènes physique (impédance des câbles, les conditions météorologique). Nous estimons ces difficultés à travers un logiciel WEB2.

Les figures III.15 et III.16 appartiennent au logiciel WEB 2, il donne des informations sur le modulateur de chaîne DVB-S/S2 (la charge de processeur, redondance d'appareil...etc.). Ainsi le paramétrage de ce dernier : Type de modulation, FEC, Roll-off, type de flux d'entrée, état de transmission, fréquence de sortie, vitesse de transmission, débit binaire...etc.

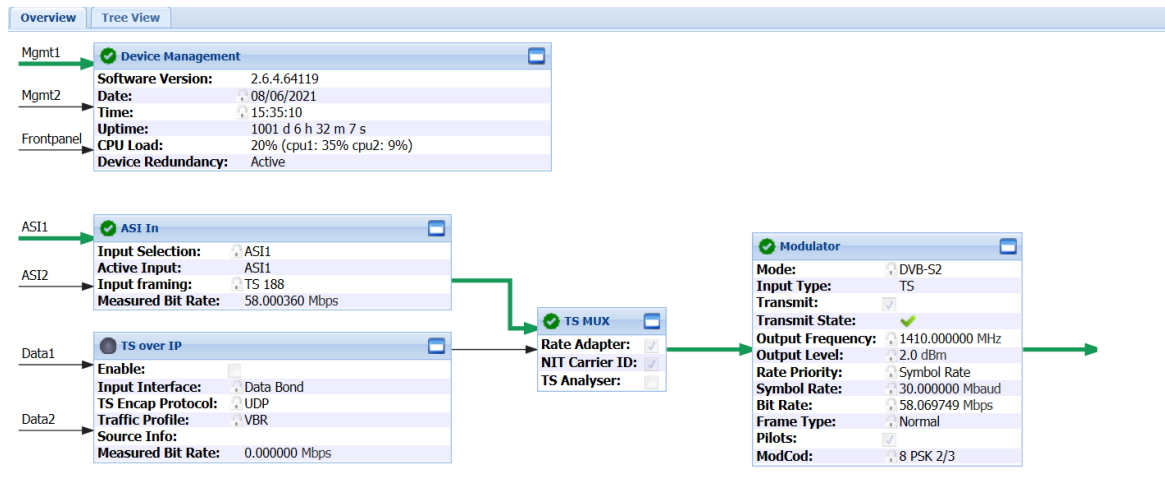


Figure III.15 Paramétrage de modulateur DVB-S2.

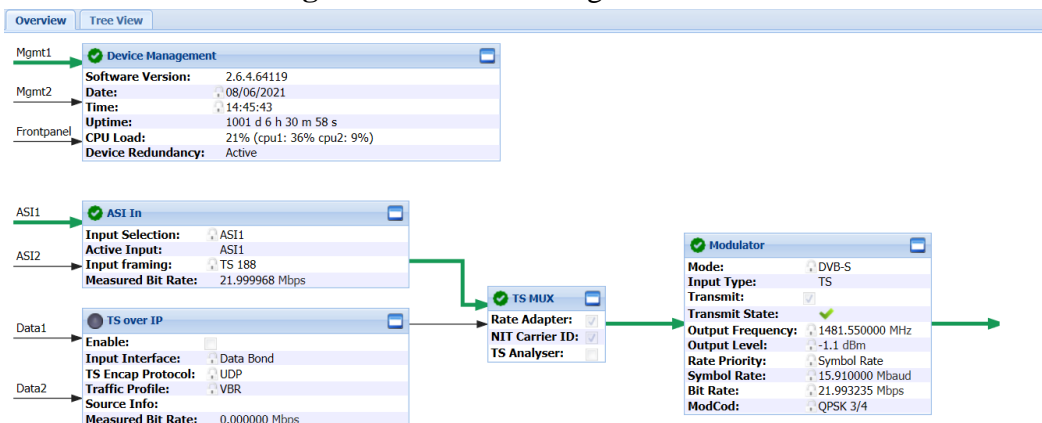


Figure III.16 Paramétrage de modulateur DVB-S.

Les figures (III.17 et III.18) désignent la stabilité des performances du système, prisent du logiciel web2 dans cas ensoleillé.

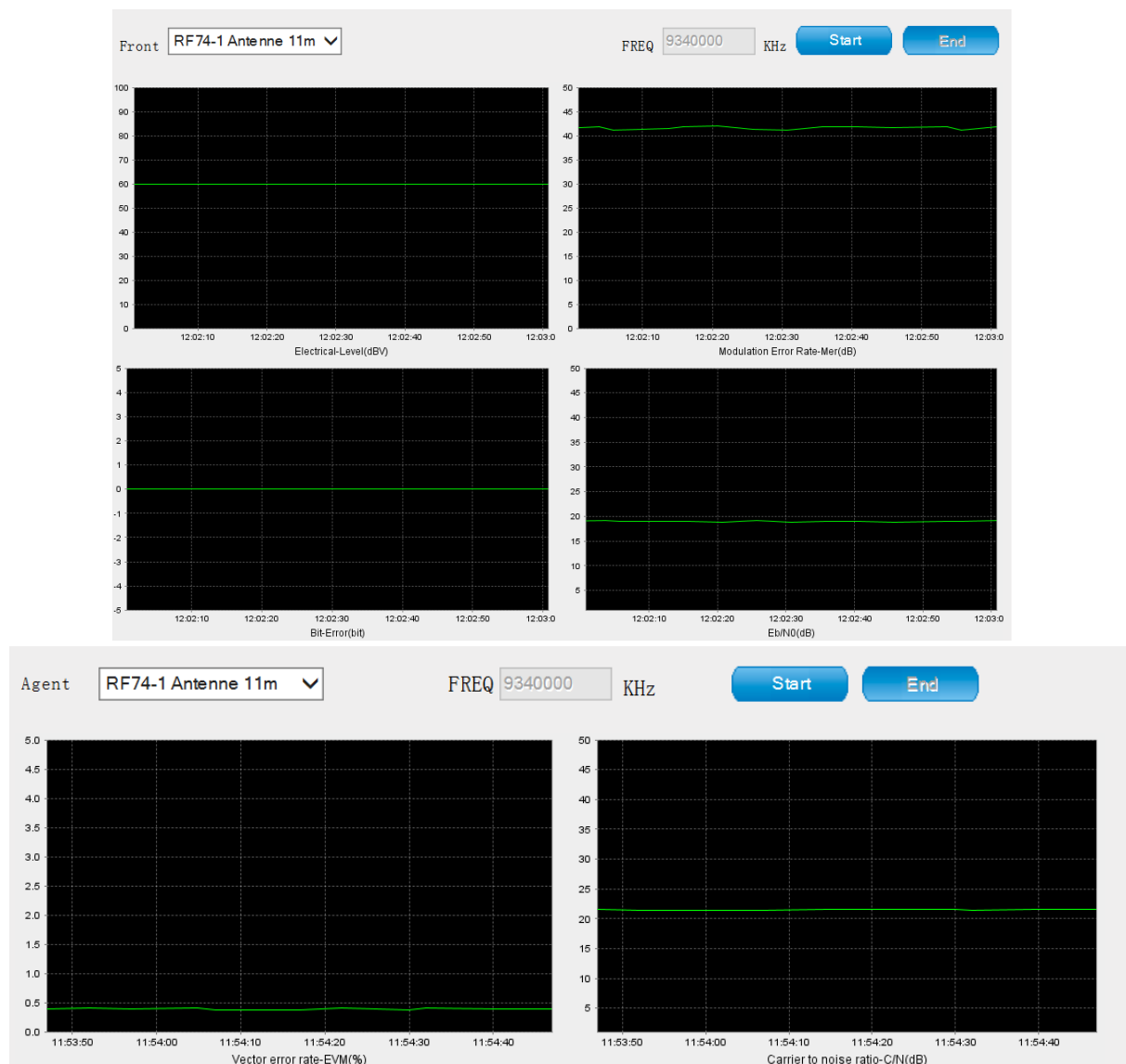


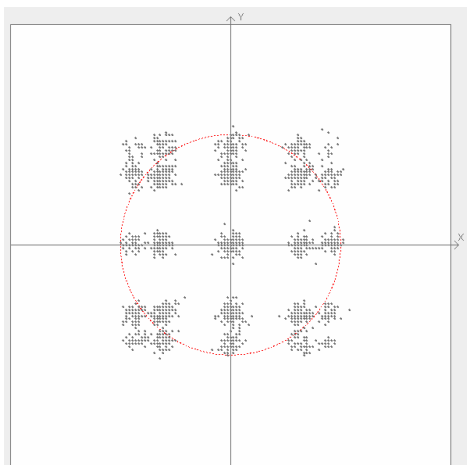
Figure III.17 Performance de la chaîne DVB-S2 (antenne 11.3m).



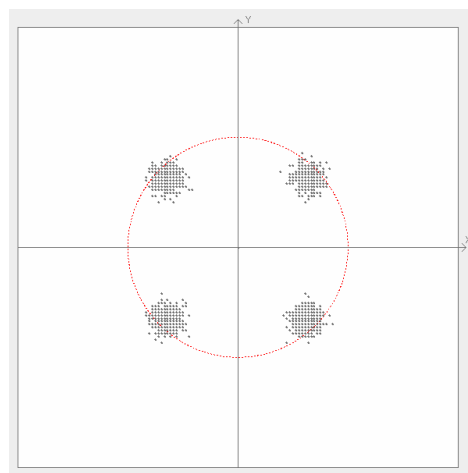
Figure III.18 Performance de la chaîne DVB-S (antenne 11.3m).

Les figures (III.19 et III.20) représente des constellations pour une modulation 8-PSK durant le codage des chaînes HD et une modulation QPSK pour des chaînes SD, ou le nuage de point désigne les erreurs de modulation (RMS) accorder aux conditions météorologiques ainsi que le point théorique (cas idéal ). Ce cas Correspond à une modulation intéressante puisqu'on interprète avec un gain d'antenne élevée (11.3m)

Les résultats obtenus à travers le logiciel WEB2 montre que la modulation 8-PSK est plus vulnérable aux conditions météorologiques par rapport à la QPSK.



**Figure III.19** 11.3m Constellation DVB-S2 (8PSK).



**Figure III.20** 11.3m Constellation DVB-S (QPSK).

Les figures (III.21 et III.22) représentent les paramètres de qualité de service. Ils font partie du système de supervision pour superviser et assuré la continuité de service.



**Figure III.21** Les paramètres de performance 11.3m DVB-S2.



**Figure III.22** Les paramètres de performance 11.3m DVB-S.



### III.9 Analyse de L'impact météorologique sur la qualité de signal de la chaîne de transmission :

La propagation du signal est principalement affectée par les conditions météorologiques brouillard, pluie, nuages, etc. L'humidité et la taille des gouttes de pluie influencent à la fois la dépolarisation et aussi à l'atténuation d'un signal en propagation. Les mesures étaient réalisées pour le DVB-S et pour le standard DVB-S2 dans les conditions de ciel clair ensoleillé qu'on adopte autant que référence au nuage et a la pluie.

- Pendant les mesures, le rapport FEC ne change pas et est resté constamment à  $\frac{3}{4}$  pour la DVB-S et  $\frac{2}{3}$  en DVB-S2.
- Les mesures étaient prises après les avoir compensé ou atténué par l'AUPC.
- Les mesures prises ont été enregistrées pour les mêmes antennes (antenne client 0.6m, antenne DBS 11.3m), dans la ville de Ouled fayet à Alger, durant 10 jours pour les différents paramètres de performances BER, MER et EB/N0 pour les deux chaînes DVB-S/S2 (23 jusqu'à 29).

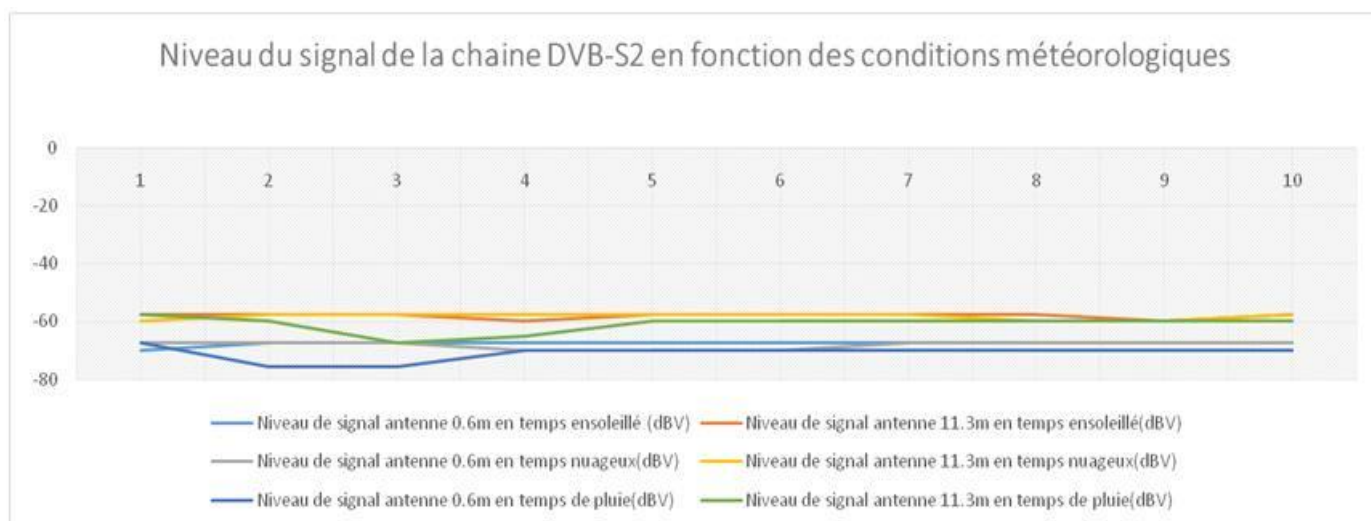
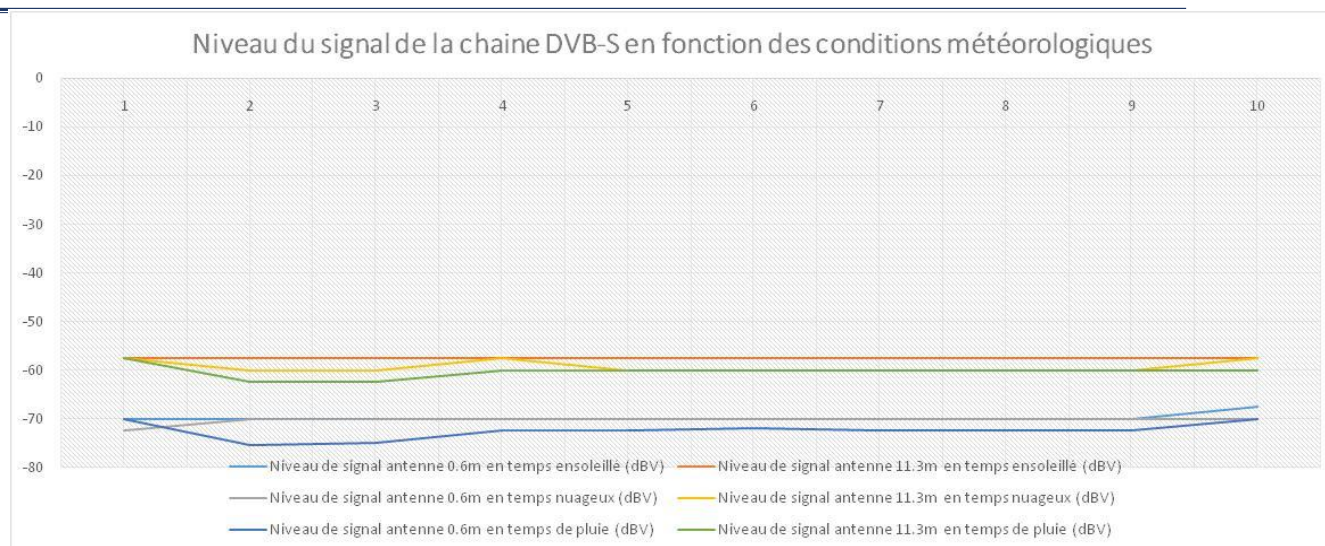


Figure III.23 niveaux du signal de la chaîne DVB-S2 en fonction des conditions météorologiques.

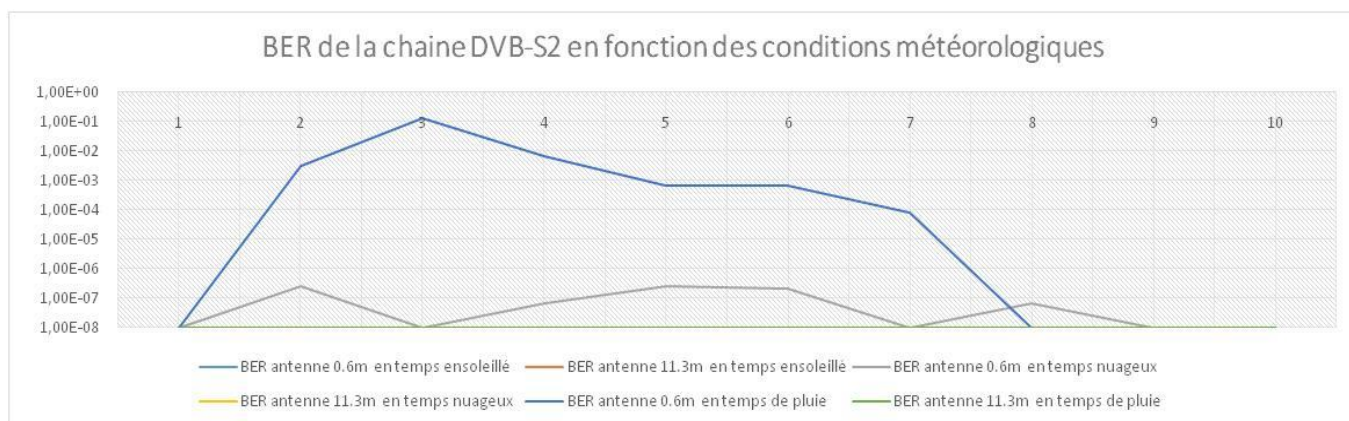


**Figure III.24** niveaux du signal de la chaîne DVB-S en fonction des conditions météorologiques.

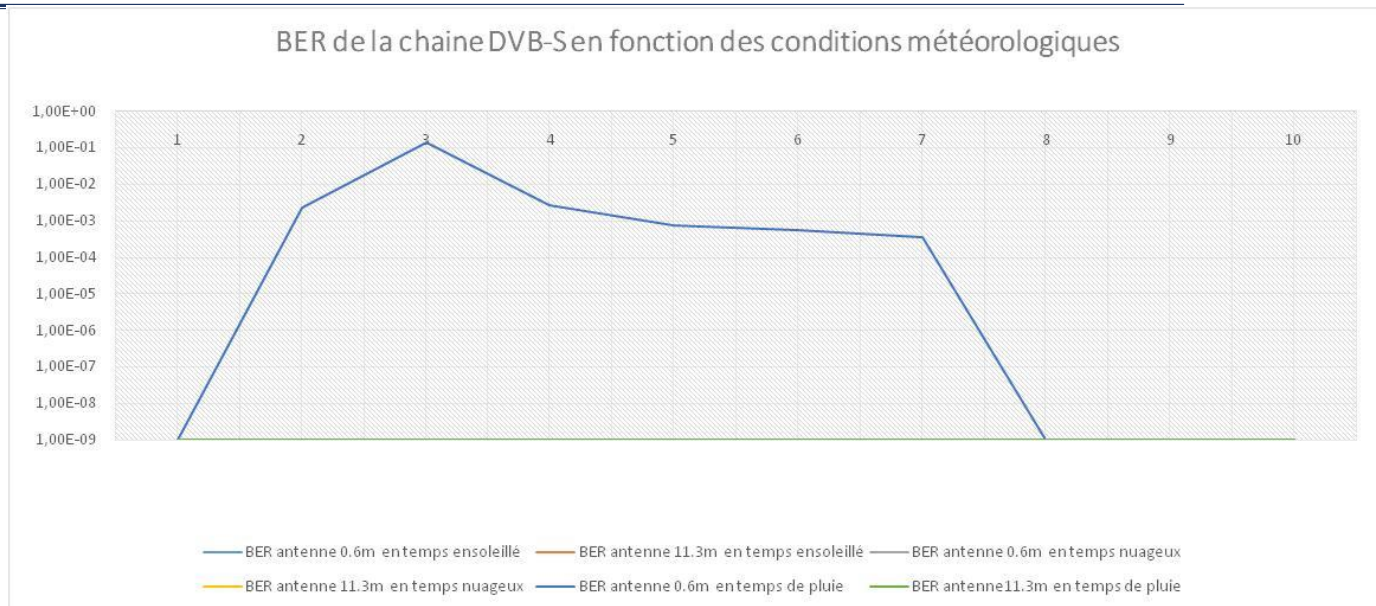
Nous pouvons voir une différence du niveau de signal sur les figures 23-24 entre un récepteur d'antenne performant (l'antenne 11.3m), et l'antenne client 0.6m pour les deux chaînes DVB-S/S2.

L'antenne 11.3m est performante est offre un niveau de signal stable de -58dBV dans des conditions ensoleillées ou en présence des nuages à l'égard d'une faible perturbation. Cependant, la pluie influence à la réception pour la DVB-S2 le niveau de signal se dégrade jusqu'à -70dBV plus que la DVB-S a un niveau de -64 dBV ceci implique le contraste de modulation (la QPSK est plus résistante aux conditions météorologiques).

L'antenne du client a un gain moins élevé, qui entraîne une baisse du niveau de signal d'environ -70dBV pour un ciel clair jusqu'à nuageux, potentiellement, elle offre une qualité de signal médiocre durant les moments de pluie. En revanche, L'influence de la pluie est un peu plus grande par rapport au DVB-S, le signal s'affaiblit et diminue sur une valeur de -70.5dBV.



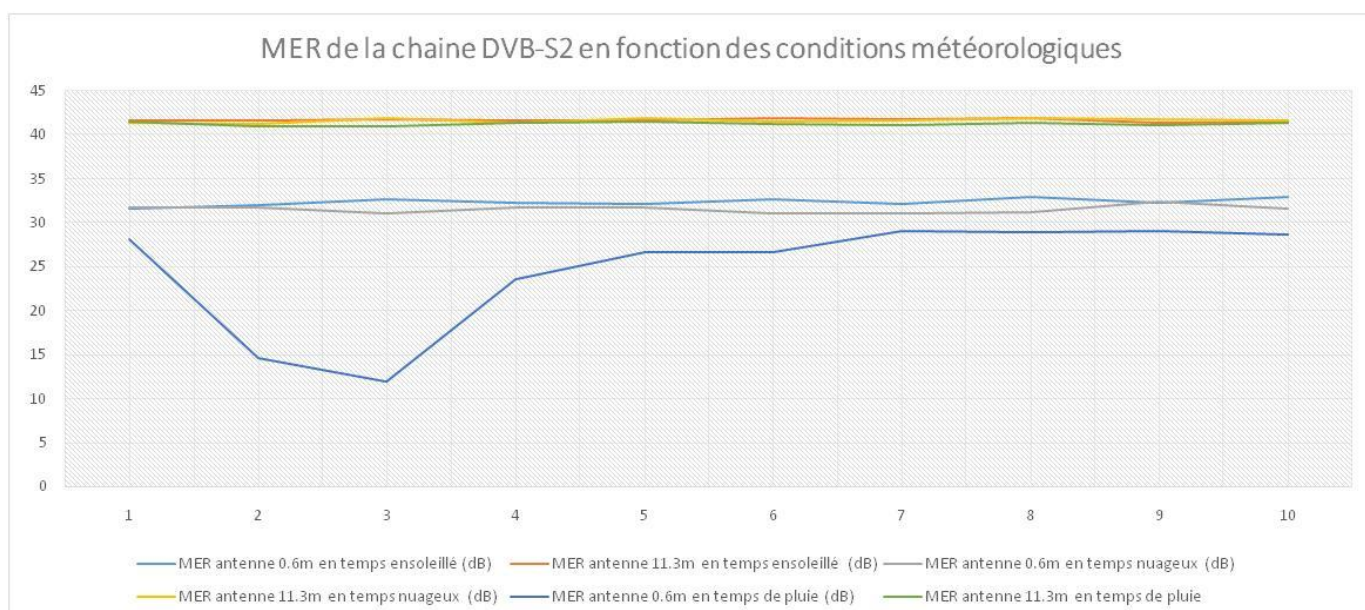
**Figure III.25** BER de la chaîne DVB-S2 en fonction des conditions météorologiques.



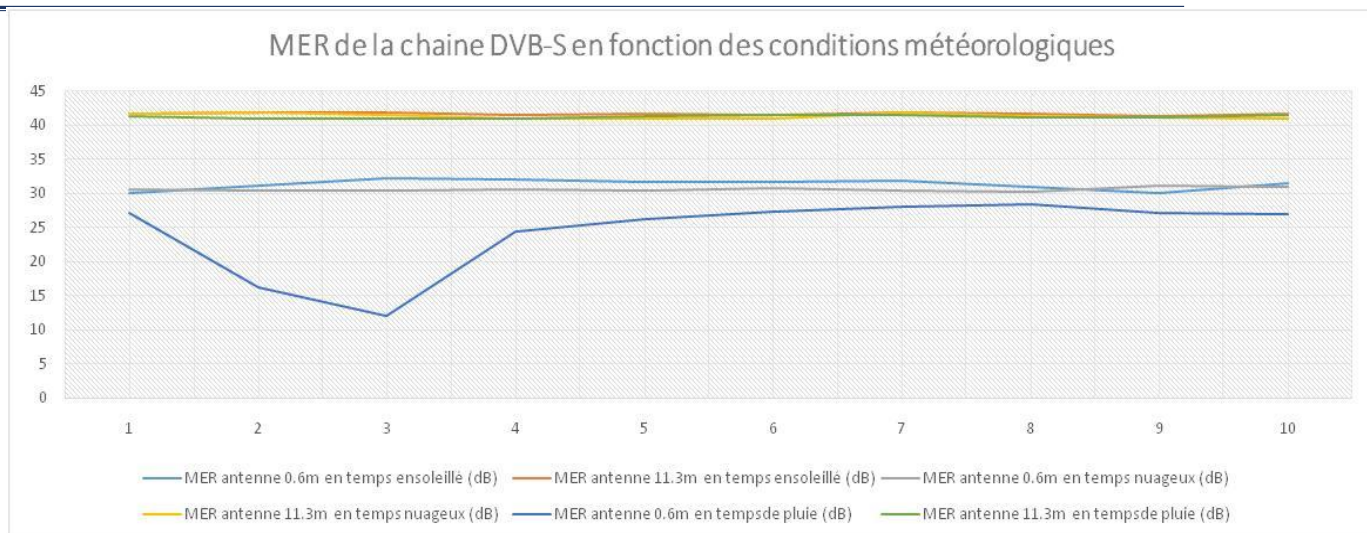
**Figure III.26** BER de la chaîne DVB-S en fonction des conditions météorologiques.

Les figures III.25- III.26 montre le niveau du BER pour le DVB-S/S2 dans différentes conditions météorologiques .

Nous remarquons pour le cas d'une antenne 11.3m le taux d'erreur binaire est quasiment négligeable dans toute condition météorologique, ceci revient à l'importance du gain et l'élévation du niveau de signal qui reflète une meilleure transmission. En outre, nous pouvons voir que dans le cas d'une antenne 0.6m la pluie et les nuages augmentent le rapport BER, les nuages sont à faible taux d'erreur binaire et négligeable dans la transmission par DVB-S par apport à la pluie qui cause un taux d'erreur élevé  $10^{-1}$  principalement sur la 3eme journée.



**Figure III.27** MER de la chaîne DVB-S2 en fonction des conditions météorologiques.

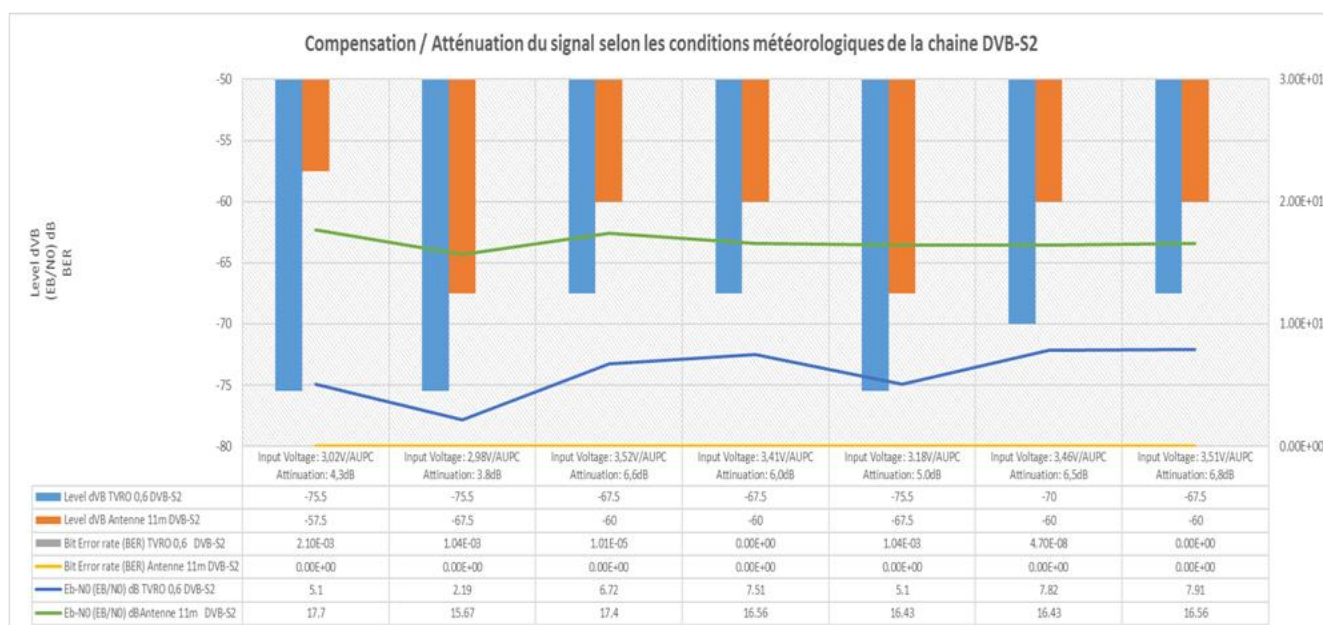


**Figure III.28** MER de la chaîne DVB-S en fonction des conditions météorologiques.

Les figures III.27/ III.28 montre le niveau MER pour le DVB-S/S2 dans différentes conditions météorologiques.

On peut voir que dans le cas d'une antenne 11.3m le MER reste stable au cours des 10 jours par-dessus toutes conditions météorologiques.

A l'inverse d'une antenne de 0.6m qui incite le signal a une forte atténuation jusqu'à 11.97 du a la pluie durant la 3eme journée. Remarquons par la suite que les nuages provoquent une légère perturbation par apport au ciel clair.

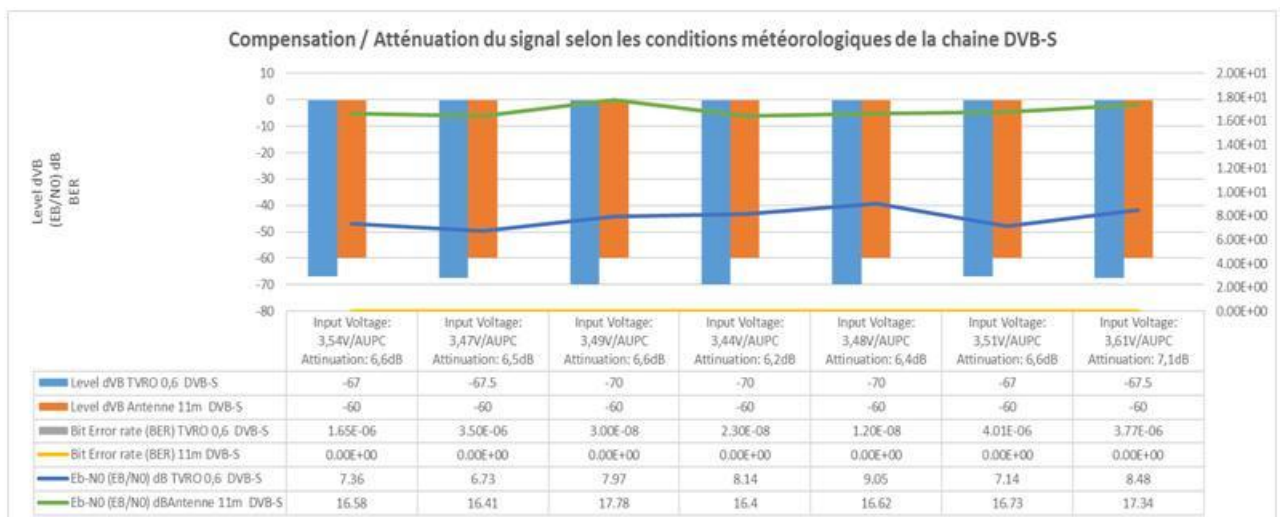


**Figure III. 29** Compensation / atténuation di signal selon les conditions météorologiques de la chaîne DVB-S2.

La figure III. 29 montre l'atténuation du signal au niveau de l'AUPC vis-à-vis aux différents paramètres de performance de la chaîne DVB-S2 selon les conditions météorologiques. Nous remarquons qu'une antenne de 11.3m fournit une meilleure adaptation et interprétation du signal grâce à sa performance.

Nous constatons qu'un niveau de signal atténué sur une antenne de 0.6m engendre un minimum d'erreur de  $1.04 \cdot 10^{-3}$  avec un  $E_b/N_0$  de 5.1, nous déduisons une diminution des paramètres de performance, se ci est expliqué par la dégradation de voltage au niveau du beacan a 3.02 V combiné a une atténuation sur AUPC évalué à 4.3dB, en raison de présence de pluie. Cette atténuation a besoin d'une compensation de 5.4dB.

En outre, un niveau de signal moins affaiblie de -67.5dB offre une meilleure indication d' $E_b/N_0$ , à cet effet, le signal propagé ne contient pas d'erreur. En ces circonstances, nous distinguons que le capteur beacan reçoit au mieux son voltage approximatif a un cas idéal (3.94V).



**Figure III. 30** Compensation / atténuation di signal selon les conditions météorologiques de la chaîne DVB-S

La figure III. 30 montre l'atténuation du signal au niveau de l'AUPC vis-à-vis aux différents paramètres de performance de la chaîne DVB-S suivant les conditions météorologiques.

Nous observons que la DVB-S a le même principe que la DVB-S2, mais est plus résistance est aux conditions météorologiques.

### III.10 Comparaison entre la simulation de la chaîne et sa pratique :

Dans cette partie, nous comparons les mesures du BER récoltées à partir de la plateforme de supervision de la télédiffusion, en fonction de l' $E_b/N_0$  qui exprime les conditions météorologiques au moment des mesures effectuées. Ces valeurs sont introduites dans la chaîne

DVB-S/S2 simulée, afin d'estimer le BER pour le comparer avec les valeurs mesurées pour le même  $E_b/N_0$ . Sachant que, les valeurs  $E_b/N_0$  sont prises instantanément par un système d'enregistrement au niveau du centre d'exploitation pour différente situation météorologique. Nous avons procédé sur la chaîne DVB-S avec la modulation QPSK et un FEC de  $\frac{3}{4}$  afin de stimuler la valeur BER assurant une réception correcte est modifiable. Proportionnellement, la chaîne DVB-S2 agit en modulation 8PSK et a un FEC de  $\frac{2}{3}$  (valeur adapter à la station).

Nous constatons que pour les deux chaînes étudiées, une valeur inférieure d' $E_b/N_0$  influée par la pluie, énonce un taux d'erreur élevé, affectant ainsi la transmission.

En pratique, le rapport doit être inférieur à  $10^{-3}$  pour assurer la continuité de service, alors que le niveau  $10^{-9}$  garantit une transmission idéale, d'où la compensation de puissance effectuée par l'AUPC afin de garantir une disponibilité maximale durant les moments défavorables.

Simulation				Pratique			
DVB-S		DVB-S2		DVB-S		DVB-S2	
BER	$E_b/N_0$	BER	$E_b/N_0$	BER	$E_b/N_0$	BER	$E_b/N_0$
<b>0.5173</b>	<b>2.92</b>	<b>0</b>	<b>3.21</b>	<b><math>3.5 \times 10^{-6}</math></b>	<b>6.73</b>	<b><math>1.04 \times 10^{-3}</math></b>	<b>2.19</b>
<b>0</b>	<b>10.53</b>	<b>0</b>	<b>9.34</b>	<b><math>1.65 \times 10^{-6}</math></b>	<b>7.36</b>	<b><math>1.04 \times 10^{-3}</math></b>	<b>5.1</b>
<b>0</b>	<b>15.12</b>	<b>0</b>	<b>15.17</b>	<b><math>2.3 \times 10^{-8}</math></b>	<b>8.14</b>	<b><math>1.01 \times 10^{-5}</math></b>	<b>6.72</b>
<b>0</b>	<b>18.48</b>	<b>0</b>	<b>17.33</b>	<b><math>1.2 \times 10^{-8}</math></b>	<b>9.05</b>	<b>0</b>	<b>7.91</b>

**Tableau III.1** comparaison entre la simulation des chaînes DVB-S/S2 et leurs pratiques sur la station.

### III.11 Conclusion :

Dans ce travail, nous avons étudié comment et dans quelle mesure les divers phénomènes météorologiques affectent une liaison par satellite.

L'implémentation d'un contrôleur de puissance automatique est mise en œuvre pour éviter toutes sorte d'atténuation ou coupure de signal. Cependant, à travers notre analyse de l'effet des conditions météorologiques sur les performances et sur la qualité de signal en présence d'un AUPC. Nous concluons, que la pluie a une forte influence sur les paramètres du signal satellite. Les nuages ont également un effet marqué sur la qualité du signal.

La norme DVB-S2 devrait donc offrir une meilleure qualité et débit grâce à son codage adaptatif et capacités de modulation, en revanche, la DVB-S s'est montré plus résistante aux conditions météorologiques que la DVB-S2.

## Conclusion générale :

Notre étude a été dédiée à la communication par satellite, elle est régie par un standard de diffusion vidéo numérique DVB-S, qui par la suite s'avère délimiter sur le protocole fournit. Dès lors, des progrès techniques ont été mise en place en faveur de la capacité de transmission satellitaire pour en réunir une nouvelle norme DVB-S2. L'apparition de cette dernière améliore de manière significative son efficacité de codage correcteur d'erreur et de modulation. Elle répond au besoin tant attendu d'une plus grande efficacité spectrale et, alliée aux nouvelles technologies de compression vidéo MPEG-4. Elle permet également aux entreprises de radiodiffusion directe à domicile d'offrir d'autres services de télévision SD et HD.

Les perspectives dans le cadre de ce mémoire s'articulent tout d'abord sur une simulation de la chaîne DVB-S ainsi que la DVB-S2 pour l'évaluation et l'optimisation des codes correcteurs d'erreur sur la qualité d'un signal en réception. L'analyse ainsi que les interprétations ont montré que les codages correcteurs d'erreur offrent des paramètres qualitative BER, MER, SNR,  $E_b/N_0$ , en assurant un signal robuste contre l'influence du bruit et le grand nombre d'erreurs joint à la transmission par satellite. Ceci nous permettra une meilleure gestion de débit en fonction de l'atténuation, notamment, lors des perturbations météorologiques de la liaison.

La dernière partie de notre travail repose sur les techniques d'optimisation de ces performances sur un aspect pratique. Dans le cadre de ce travail, j'ai effectué un stage au sein du centre d'exploitation des systèmes de télécommunications spatial CESTS, où j'ai eu l'opportunité d'exploiter une chaîne de transmission DVB-S/S2 en service et ces outils de mesure, ainsi que des équipements dédiés à la télédiffusion tels que les modulateurs, le HPA, le Up-Converter...aussi bien qu'un autre système ; le contrôleur automatique de puissance « AUPC » suggéré comme une solution plus performante pour éviter les atténuations causées par les conditions météorologiques.

Notre analyse a été réalisée au cours de trois états de l'atmosphère, en ciel clair, nuageux et pluvieux pour deux cas d'antenne différents. L'analyse de ces données pour une réception d'antenne utilisateur 0.6m nous ont permis de constater que la pluie a une forte influence sur les paramètres de performance du signal satellite. Cependant, le contrôleur de puissance automatique permet de compenser l'atténuation due aux effets météorologiques, en augmentant la puissance du signal de la liaison montante, à travers le signal de balise reçu par l'antenne DBS 11.3m, permettant ainsi au client de recevoir le signal audiovisuel dans des conditions défavorables.

Ainsi, une meilleure qualité de transmission de données est garantie par le contrôleur de puissance automatique qui engendre la compensation/atténuation de puissance du signal, en toutes conditions météorologiques.

---

# Les Annexes et bibliographie



## **Présentation du Centre d'Exploitation des Systèmes de Télécommunications Spatial (CESTS) :**

Au cours de mes études, j'ai eu le privilège d'effectuer mon stage de fin d'étude au sein du Centre d'exploitation des Systèmes de Télécommunications spatial (CESTS) ; une entité opérationnelle de L'Agence Spatiale Algérienne ASAL.

L'Agence Spatiale Algérienne (ASAL) est un établissement public national de conception et de mise en œuvre de la politique nationale ainsi le déploiement de l'activité spatiale, elle adapte les systèmes spatiaux aux besoins nationales de manière a intensifié les capacités nationales au gouvernement et de leur assurer, leur conception, leur réalisation et leur exploitation [1].

L'Agence Spatiale Algérienne est constituée d'une structure centrale et de quatre entités opérationnelles [1] :

- **Le Centre des Techniques Spatiales (CTS)** qui fait l'étude ainsi la recherche technique et scientifique sur des champs multiple-technologie spatiale, traitement des images, navigation par satellites...
- **Le Centre de Développement des Satellites (CDS)** qui élabore la réalisation des systèmes spatiaux prévus dans le cadre du programme spatial national
- **Le Centre des Applications Spatiales (CAS) se base sur la télédétection et le développement des satellites, il assure l'exploitation des satellites et des systèmes découlant des programmes spatiaux.**
- **Le Centre d'Exploitation des Systèmes de Télécommunications Spatial (CESTS) :**

Le CESTS gère plusieurs taches, à la fois le management et la gestion, par conséquent, l'exploitation d'un multiple d'article du service de satellites de télécommunications ALCOMSAT-1 dans les limites du planning spatial.

Le satellite ALCOMSAT-1 est le premier satellite géostationnaire de télécommunications, a été lancé le 10 décembre 2017 à la position orbitale 24.8 Ouest, depuis la Chine pour le compte de l'Agence spatiale algérienne (ASAL). Il effectue la diffusion des chaînes de radio et de télévision (capacité totale de 100 chaînes), mais aussi fournit le service internet à très haut débit sur l'ensemble du territoire algérien, ainsi d'autre service comme la téléphonie et VSAT [2].

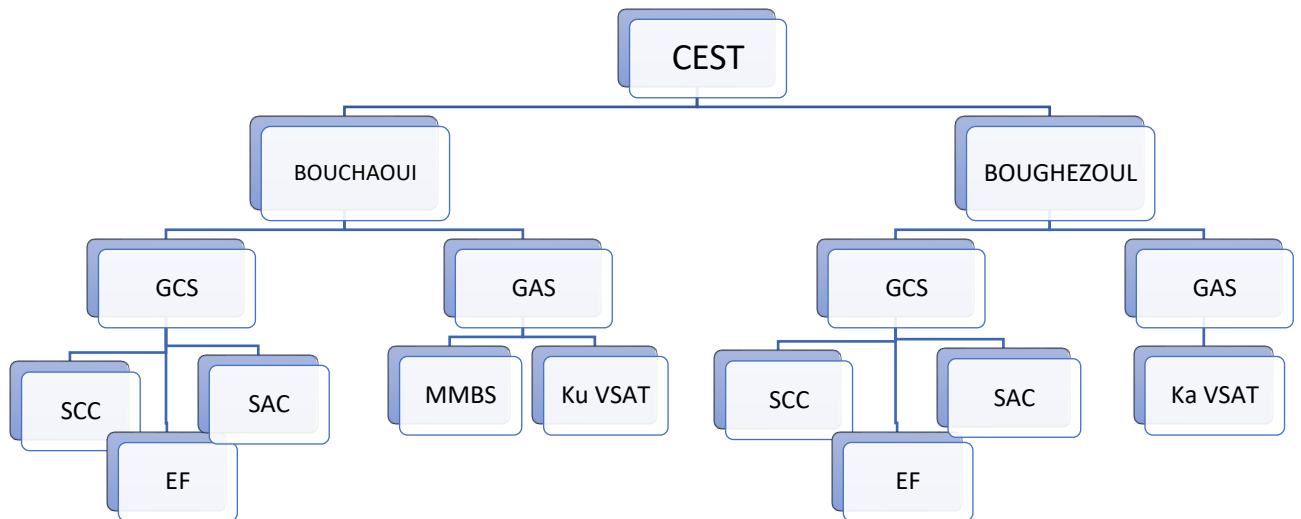
Des commandements ont été installés pour contrôler Alcomsat-1, Pour assurer la qualité et la continuité de services et ainsi répondre aux besoins quotidiens des clients. La gestion de l'exploitation sera attribuée à deux station l'une se situant à Bouchaoui et la seconde à Boughzoul réunies sous le nom de Centre d'exploitation des systèmes de télécommunication selon quatre segments :

- 1- Équipe spatiale SCC.
- 2- Équipe sol GAS.
- 3- Équipe SAC.

---

#### 4- Équipe EF.

Comme montre l'organigramme suivant :



**Figure :** Architecture du centre d'exploitation des systèmes de télécommunications spatiales.

#### **Annexe A : Équipe SCC (Satellite Control Center)**

L'équipe SCC a pour rôle d'assurer le contrôle de l'état des équipements du satellite et de maintenir sa position orbitale.

Les ingénieurs ont pour rôle la sécurité et la surveillance en temps réel la santé du satellite ainsi que la vérification des alarmes, Ils se chargent également de l'exécution des commandes (manœuvres, opérations satellitaires, ...) et le contrôle des résultats obtenus.

Enfin les ingénieurs d'orbite, équipe simulation, assure le maintien de la position du satellite dans sa fenêtre orbitale, dans le cas contraire planifient des manœuvres pour repositionner le satellite dans sa position orbitale par défaut (soit 24.8 West).

#### **Annexe B : Équipe SAC (Satellite Access Center)**

L'équipe SAC a pour rôle d'assurer le trafic continu de la qualité de liaison entre le segment sol et spatial ainsi l'état des transpondeurs sur satellite (sa saturation, analyse la puissance, calcul des bilans de liaison...) par une réalisation d'ensemble de calculs afin de garantir la satisfaction aux clients

Les opérateurs quant à eux sont chargés de la gestion des nouveaux clients et le contrôle continu de la qualité du signal transmit. Pour cela il se réfère à un ensemble d'équipement hardware et de logiciels.

#### **Annexe C : Équipe EF (Equipment Facility)**

---

L'Équipe EF est responsable des équipements du site tel que : les sous-systèmes des antennes, les sous-systèmes de radio fréquences et les sous-systèmes BBE. Ce dernier transforme le signal numérique en signal bande de base ensuite en signal analogique et vice versa.

Pour faciliter la tâche des ingénieurs EF, des logiciels sont mis en place pour la supervision des alarmes tout au long de la chaîne RF (radio fréquence), ces alarmes sont configurées selon des seuils prédéfinis, on peut citer les alarmes de température, défaillance au niveau des équipements ... Ces logiciels sont également utilisés pour le lancement de certaines commandes comme le contrôle des antennes.

Le service EF comprend des sous services de courant fort et courant faible, la partie énergie très importante puisqu'elle alimente tout le centre que ça soit au niveau GCS ou GAS.

#### **Annexe D: Équipe MMBS (Multi Media Broadcasting System)**

Le centre d'exploitation des services de télédiffusion et radiodiffusion est responsable du conditionnement et la gestion et le contrôle des signaux radio-télé en bande Ku, en assurant la qualité et la continuité du service en régime continu (24h/24 et 7j/7), et en conformité avec les standards DVB-S et DVB-S2.

Le service est chargé à la diffusion des bouquets TV sur trois transpondeurs du satellite Alcomsat-1, en collaboration avec la télédiffusion d'Algérie (TDA).

Les bouquets TV sont répartis en : Huit chaînes nationales publics en qualité HD, Six chaînes nationales publics en qualité SD, Cinquante-sept programmes Radio, Sept chaînes nationales privées.

#### **Annexe E : Équipe Ku VSAT**

Le satellite Algérien de Télécommunications Alcomsat-1 offre un support à l'infrastructure de télécommunication terrestre, afin de couvrir la totalité du territoire Algérien, le type de couverture au centre de Bouchaoui est en bande Ku, actuellement presque toutes la capacité en bande Ku est exploitée et répond aux besoins des sociétés étatiques, privées, et secteurs stratégiques algériens par des applications à moyens débit, tel que le transfert de données audio et vidéo (Internet, Visioconférence et VoIP).

La gestion du Service d'exploitation des ressources satellitaires et développement des applications, assure la continuité et la qualité de services par les ingénieurs Algériens dans les deux stations Bouchaoui et Boughezoul [1].

### Bibliographie :

- [1] Site de l'ASAL. <https://asal.dz/?p=3035> [consulté le 05 mai 2021].
- [2] Wikipedia. <https://fr.wikipedia.org/wiki/Alcomsat-1> [consulté le 16 mai 2021].
- [3] rncan. «Caractéristiques d'un satellite : l'orbite et sa fauchée», <https://www.rncan.gc.ca/cartes-outils-publications/imagerie-satellitaire-photos-aer/tutoriels-sur-la-teledetection/plates-formes-capteurs/caracteristiques-dun-satellite-lorbite-et-sa-fauchee/9284> [consulté le 15 avril 2021].
- [4] <http://di.univ-blida.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/1406/1/017-2016.pdf>, « Montage et paramétrage d'une chaîne DVB-S et DVB-S2 », Mémoire de Master, sous la direction de Bestam Rachid, Université SAAD DAHLAB de BLIDA, BLIDA, 2016, Pp 123.
- [5] cel.archives-ouvertes. «CIRCUITS ET SYSTÈMES DE COMMUNICATIONS MICRO-ONDES», <https://cel.archives-ouvertes.fr/cel-00156394/file/cours.pdf> [consulté le 15 avril].
- [6] Abdelhamid Rabah, Adghar Sid ali, « Etude Et Réalisation D'Une Chaîne De Diffusion Par Satellite En Utilisant La Norme Dvb-S Et Dvb-S2: Cas Du Bouquet Mcpc De Tda Vers Le Satellite Eutelsat 7 W A », Mémoire de Master, sous la direction de M Mohamnd TAHANOUT, Tizi-Ouzou, Université Mouloud MAMMERI T-O, 2017, Pp 109.
- [7] DOCPLAYER. « La Transmission en DVB », [https://www.inter-mines.org/global/gene/link.php?news\\_link=2008245160342\\_RFTronicTransmission.MPEGDVD.pdf&1](https://www.inter-mines.org/global/gene/link.php?news_link=2008245160342_RFTronicTransmission.MPEGDVD.pdf&1) [consulté le 13 Mai 2021].
- [8] M. AMAMRA Imed, « Codage Canal et Techniques Efficaces de Décodage Itératif », Thèse Présentée en Vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat ès Sciences, sous la direction de Dr. DEROUICHE Nadir, Skikda, Université 20 Août 1955 de Skikda, 2018, Pp 142.
- [9] Yahi Siham, «<https://dl.ummtto.dz/bitstream/handle/ummtto/8271/YahiSiham.pdf> », Mémoire de Master, sous la direction de Mr AIT BACHIR Youcef & Bestam Rachid, Tizi Ouzou, Université Mouloud Mammeri, Pp 104.
- [10] European Telecommunications Standards Institute, « Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services », European Standard (Telecommunications series) EN 300 421 V1.1.2, 1997-08, Pp 24.
- [11] European Telecommunications Standards Institute, « Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 1: DVB-S2 », European Standard (Telecommunications series) ETSI EN 302 307-1 V1.4.1, 2014-11, Pp 80.
- [12] BOUGUERROU Rabia, « ETUDE ET SIMULATION D'UNE CHAÎNE DE TRANSMISSION DVB-S SOUSMATLAB ® », Mémoire de Master, sous la direction de MAGHERBI Mohammedarbi, Biskra, Université Mohamed Khider de Biskra, 2019, Pp 107.

- [13] Remmide Ayoub, Bouregaa Boubaker, « *Configuration et paramétrage d'une station terrienne DVB-S/DVB-S2 pour la distribution TV et Radio* », *Mémoire de Master, sous la direction de Aissat Abdelkader & Bestam Rachid, Université SAAD DAHLAB de BLIDA, BLIDA, 2017, Pp 100.*
- [14] HORRI Mohamed Nabil, ZENAGUI Abdessamad, « *Etude comparatif entre les chaînes de transmission DVB-S* », *Mémoire de Master, sous la direction de Dr. S. SOUIKI, Ain-Temouchent, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent, 2020, Pp 97.*
- [15] <https://www.cuelbayadh.dz/ar/wpcontent/uploads/2020/03/T%C3%A9l%C3%A9communications%20par%20Satellite.pdf> [consulté le 29 mai 2021].
- [16] DOCPLAYER. « *Chapitre 1 Etude comparative entre DVB-S et DVB-S2* », <https://docplayer.fr/12602346-Etude-comparative-entre-dvb-s-et-dvb-s2.html> [consulté le 13 Mai 2021].
- [17] ARBOUZ Fedwa, ALLALI Khayra, « *Etude et modélisation d'une chaîne de transmission DVB* », *Mémoire de Master, sous la direction de M. BOUSAHLA/F. DERRAZ, Université Aboubakr Belkaïd, Tlemcen, 2018, Pp 96.*
- [18] European Telecommunications Standards Institute, « *Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems* », European Standard (Telecommunications series) ETSI TECHNICAL REPORT, 1997-05, Pp 102.
- [19] UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS, « *Méthodes de mesure des paramètres de transmission des signaux de la télévision numérique par câble* », Recommandation UIT-T J.142 (Antérieurement Recommandation du CCITT), 2000-05, Pp 48.
- [20] BOSSUET, Lilian et FERRE, Guillaume. *Etude et modélisation sous Simulink d'une chaîne de transmission DVB-S. J3eA*, 2008, vol. 7, p. 0005.
- [21] KALLER, Ondřej et KRATOCHVÍL, Tomáš. COMAPRISON OF THE DVB-S AND DVB-S2 SATELLITE DIGITAL TELEVISION TRANSMISSION.
- [22] Yasser Bouslah-Salim Gantassi-Kais Slimeni, « *Etude et modélisation sous simulink d'une chaîne de transmission DVB-S* », rapport mini-projet, sous la direction de amin zribi, Année Universitaire 2014-2015.
- [23] BOYER, Alexandre. SUPPORT DE COURS ENONCE DE TRAVAUX DIRIGES. 2011.
- [24] KASSOURI Malek, ACHROUF Sid Ali, « *L'impact des phénomènes météorologiques sur une liaison satellite : cas d'une liaison DVB-s* », *Mémoire de Master, sous la direction de TAHANOUT Mohammed, Tizi-Ouzou, Université Mouloud MAMMERI T-O, 2013, Pp 64.*
- [25] PEAK Controller Covers software COMMUNICATIONS, « *Installation and Operating Handbook UPC7000Series Automatic Up-Link Power version 1.38 and above* », Handbook Issue 1.88, 17<sup>th</sup> October 2014, Pp 84.

## Bibliographie.

---

- [26] slideplayer . «Automatic UpLink Power Control System. UpLink Power Controller (principle of operation) 'Rain Fade' affects both transmitted signal and Beacon signal»,<https://slideplayer.com/slide/7915134/> [consulté le 7juin 2021].
- [27] **Telesatellite**. «Définition DBS»,<https://www.telesatellite.com/lexique/dbs/> [consulté le 15 juin 2021].
- [28] MALARIĆ, Kresimir, SUC, Ivan, et BAČIĆ, Iva. Measurement of DVB-S and DVB-S2 parameters. In : *2015 23rd International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM)*. IEEE, 2015. p. 160-164.
- [29] CASINI, Enrico, GAUDENZI, R. De, et GINESI, Alberto. DVB-S2 modem algorithms design and performance over typical satellite channels. *International journal of satellite communications and networking*, 2004, vol. 22, no 3, p. 281-318.
- [30] EL-ABBASY, Karim, ABDELHAMID, Bassant, et ELRAMLY, Salwa. Performance evaluation of DVB-S2 and DVB-S2X systems. In : *2015 IEEE International Conference on Communication, Networks and Satellite (COMNESTAT)*. IEEE, 2015. p. 115-120.
- [31] HORRI Mohamed Nabil, ZENAGUI Abdessamad, « *Etude comparatif entre les chaînes de transmission DVB-S* », *Mémoire de Master, sous la direction de Dr. S. SOUIKI, Ain-Temouchent, Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent, 2020, Pp 97*.
- [32] AMAJAMA, Joseph et ESHIET, M. Impact of weather components on (UHF) radio signal. *International Journal of Engineering Research and General Science*, 2016, vol. 4, no 3, p. 481-494.
- [33] LOUNES, Ourahmoune. *Système de télécommunication satellite*. 2011. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- [34] Itu.int. « Les communications par satellite en pleine évolution»,  
[https://www.itu.int/en/itu-news/Documents/2019/201902/2019\\_ITUNews02-fr.pdf](https://www.itu.int/en/itu-news/Documents/2019/201902/2019_ITUNews02-fr.pdf)  
[consulté le 11juin 2021].