

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des Mathématiques et sciences de la matière

Département Physique



MEMOIRE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Physique

Spécialité : physique météorologique

Thème

Etude de l'influence des conditions climatiques sur les communications spatiales

Présenté par:

FARSI NAWEL et HAFSI KAOUTHAR

Soutenu Publiquement le :24/09/2020

Devant le jury :

Yacine MARIF	MCA UKMO-Ouargla	Président
Abdelali .FEKIH	MCB UKMO-Ouargla	Examineur
Lazhar.BELMEBROUK	MCA UKMO-Ouargla	Encadreur
Abdelmadjid KADDOUR	MRA URAER-Ghardaia	Co-Encadreur

Année universitaire : 2019/2020



Dédicace

*Je rends grâce à ALLAH le TOUT PUISSANT pour tous les bienfaits
dont il m'a comblé*

Ce mémoire ayant été rédigé, je le dédie :

*En premier lieu à ma mère et à mon père qui ont consenti beaucoup de
sacrifices pour me permettre de réaliser mes objectifs qu'ils trouvent ici
toute ma reconnaissance et ma gratitude.*

Particulièrement à mes chères sœurs :

IMAIN, IKRAM, MANEL, ainsi qu'à mes chers frères :

ALLA EDDINE ,RADOUANE ET JAOUAD

A ma binôme FARSI NAWEL

A tous mes camarades et mes amis

A toute ma famille surtout ma grande mère

A tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à cet instant

KAOUTHAR

REMERCIEMENTS

Je remercie Allah, le tout puissant, le miséricordieux, de m'avoir appris ce que j'ignorais, de m'avoir donné la santé et la patience et tout ce dont j'avais besoin pour réaliser le travail imposé et rédiger ce mémoire.

Je tiens également à exprimer mes vifs remerciements à notre encadreur, Dr. BELMABROUK pour avoir d'abord proposé ce thème, pour le suivi continu tout au long de la réalisation de ce travail et qui n'a pas cessé de me donner ses conseils.

Nous remercions chaleureusement, aussi Monsieur KADOUR ABD EL MADJID pour ses conseils judicieux ,ses orientations.



Dédicace

*Je rends grâce à ALLAH le TOUT PUISSANT pour tous les bienfaits
dont il m'a comblé*

Ce mémoire ayant été rédigé, je le dédie :

*En premier lieu à ma mère et à mon père qui ont consenti beaucoup de
sacrifices pour me permettre de réaliser mes objectifs qu'ils trouvent ici
toute ma reconnaissance et ma gratitude.*

Particulièrement à mes chères sœurs :

*FATMA, KHADIDJA, FAYZA, MERJEM, WARDJA, SIHAM, ainsi qu'à
mes chers frères :*

LAKHDAR, MOUSTAFA

ASSIL, RINAD

A ma binôme HAFSI KAOUTHAR

A tous mes camarades et mes amis

A toute ma famille surtout ma grande mère

A tous mes enseignants depuis le primaire jusqu'à cet instant

NAWEL.

Table des matières

Introduction générale

Chapitre I :

Etat de l'art sur l'atmosphère et leur énergie

I-1 Introduction.....	II
I-2 Le climat.....	01
I-3 Les facteurs du climat.....	02
I-3-1 Les facteurs cosmiques.....	02
I-3-2 Les facteurs géographiques.....	02
I-4 Les éléments du climat.....	03
I-4-1 Les températures.....	03
I-4-2 L'humidité.....	03
I-4-3 La pression atmosphérique.....	03
I-4-4 Le Vent	04
I-4-5 Les Précipitations.....	04
I-5 Les types de climats.....	04
I-6 Fonctionnement du système climats.....	05
I-7 Les couche de l'atmosphère.....	06
I-8 Caractéristique et couches de l'atmosphère terrestre.....	07
I-9 Structure thermique de la troposphère et ses conséquences.....	08
I-9-1 La température dans l'air immobile.....	08
I-9-2 La température de l'air affecté de mouvements verticaux.....	09
I-10 Le vent.....	10
I-11 Conclusion.....	11

Chapitre II :

Généralités Sur Les Réseaux Sans Fil

II-1 Introduction.....	12
II-2 Les Principes.....	12
II-3 Propagation des ondes radio.....	13
II-4 Réflexion des ondes radio.....	13
II-5 Classifications de réseaux sans fil.....	14
II-5-1 Les réseaux personnels sans fil (WPAN: Wireless Personale Area Networ).....	15
II-5-1-1 Le Bluetooth.....	15
II-5-1-2 Home RF.....	15
II-5-1- 3 ZigBee.....	16
II-5-2- Les réseaux locaux sans fil (WLAN: Wireless Local Area Networ).....	16
II-5-2-1 WiFi (Wireless Fidelity).....	17
II-5-2-2 HiperLAN.....	17
II-5-3 Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN :WirelessMetropolitan Area Networ).....	18
II-5-4 Les larges réseaux sans fil(WWAN:WirelessWideArea Network).....	18
II-5-4-1 Le GSM	18
II-5-4-2 Le GPRS.....	18
II-5-4-3 UMTS.....	19
II-5-4-4 LTE.....	19
II-6 Les avantages des réseaux sans fil.....	20
II-7 Les inconvénients des réseaux sans fil.....	20
II-8 Les bandes de fréquences.....	21
II-8-1 La bande ISM.....	21
II-8-2 La bande U-NII.....	21
II-9 conclusion.....	21

Chapitre III :

Energie de propagation des ondes électromagnétiques OEM et perte d'énergie

III – Introduction	22
III -2 Les ondes électromagnétiques.....	22
III -2-1 définition.....	22
III – 3 Les équations de MAXWELL.....	24
III -3-1 Présentation des équations de Maxwell.....	24
III - 4 Onde électromagnétique – Propagation des ondes en espace libre.....	26
III – 4 -1 Equation de propagation.....	26
III – 4 -2 Polarisation d'une onde électromagnétique.....	27
III - 5 Puissance transportée par une onde électromagnétique.....	28
III – 6 Caractéristiques des antennes.....	28
III – 6 - 1 Structure générale d'une antenne.....	28
III-7 Puissance rayonnée par une antenne.....	31
III-8 La présentation du logiciel FEKO.....	32
III -9 Etude de l'effet du vent sur la communication sans fil.....	35
III-9-1 Perte d'énergie en fonction de l'angle.....	35
III-9-2 Perte d'énergie en fonction de volume.....	38
III-10 Etude de l'effet du la température et la pression sur la communication sans fil	40
III-10 -1-Pert d'énergie en fonction de la température et la pression.....	40
III-11 CONCLUSION.....	41

Liste des figures et Tableaux

Liste des figures:

Chapitre I :

Figure I-1 : les diffèrent couche de l'atmosphère	08
Figure I-2 : structure vertical des couches de l'atmosphère	11

Chapitre II :

Figure II -1: Les catégories des réseaux sans fil	15
Figure II-2 : Classification des réseaux sans fil selon l'étendue géographique	16

Chapitre III :

Figure III -1:Représentation d'une onde électromagnétique se propagent dans l'espace	24
Figure III-2 : Polarisation rectiligne et circulaire	28
Figure III -3 : Structure générale d'une antenne	30
Figure III-4 : Représentation du diagramme de rayonnement d'une antenne	31
Figure III-5: La distance entre deux antenne émetteur et récepteur	32
Figure III-6 : Les différentes méthodes de résolution numérique des équations de Maxwell utilisées par FECO	33
Figure III-7:Flot de simulation sous FEKO	35
Figure III-8 : Fenêtre d'accueil du CADFEKO	36
Figure III-9 : Plan du programme de calcul	37
Figure III-10 :représentation d'un antenne plane	38
Figure III-11:représentation d'un antenne cornet	38
Figure III -12 :Représentation de Perte d'énergie en fonction de pression et Température	40

Liste des Tableaux :

Chapitre I :

Tableau I-1 :La composition de l'atmosphère 10

Chapitre II :

Tableau II-1 :Classification des réseaux WPAN 17

Tableau II-2: Classification des réseaux WLAN 18

Tableau II-3 : Classification des réseaux WMAN 19

Tableau II-4 : Classification des réseaux WWAN 20

Introduction générale :

Introduction générale :

Le développement des radiocommunications est basé sur la théorie de l'électromagnétisme mise au point au 20^e siècle. Les ondes électromagnétiques, support des radiocommunications, ont été prévues de manière théorique par les équations de Maxwell et mises en évidence expérimentalement par Hertz. Peu de temps après, les premières applications de transmission radio sont apparues. Leur développement s'est fait en parallèle avec celui de l'électronique au début du siècle qui est ponctué d'innovations majeures répondant à des besoins précis. L'antenne est un élément important de la chaîne de transmission par ondes électromagnétiques c'est-à-dire en utilisant l'air comme support de transmission, ce qui justifie son appellation d'aérien.

Le mot « antenne » veut dire capteur, qui convient donc pour la réception. Le rôle d'une antenne en émission est de convertir l'énergie électromagnétique guidée d'un signal en énergie électromagnétique rayonnée et l'inverse en réception. Avant toute réalisation d'antenne, le concepteur passe obligatoirement par une phase de simulation.

Les logiciels existants sont nombreux et permettent de modifier certains paramètres physiques des structures à réaliser afin de répondre à des cahiers de charge de plus en plus exigeants. La simulation électromagnétique (EM) est un outil essentiel dans la conception moderne

Dans la présente étude, nous cherchons à l'influence des conditions climatiques sur les communications spatiales Et en utilisant des simulations sur le logiciel FEKO ,nous avons partager notre mémoire en 3 chapitres :

- Le premier chapitre est consacré à des rappels sur l'état de l'art de l'atmosphère et les différents composants des climats
- Le Second chapitre Présente des généralités sur le domaine de télécommunication sans fil et quelque notion
- Le troisième chapitre est consacré à la parties de simulation par la présentation du logiciel CAD FEkO ses fonctionnalités et présenter de façon générale le rôle de chaque fonction que nous allons utiliser pour réaliser nos simulations.

CHAPITR 01

Etat de l'art sur l'atmosphère et leur composant

I-1 Introduction :

Les facteurs de climats influents les répartitions des types des climats dans le globe terrestre. Même s'il existe des facteurs cosmiques qui agissent sur toute la planète, on rencontre aussi des facteurs géographiques qui ont une influence locale.

I-2 Le climat :

Est la distribution statistique des conditions de l'atmosphère terrestre dans une région donnée pendant une période donnée. L'étude du climat est la climatologie. Elle se distingue de la météorologie qui désigne l'étude du temps à court terme et dans des zones ponctuelles.

La caractérisation du climat est effectuée à partir de mesures statistiques annuelles et mensuelles sur des données atmosphériques locales : température, pression atmosphérique, précipitations, ensoleillement, humidité, vitesse du vent. Sont également pris en compte leur récurrence ainsi que les phénomènes exceptionnels.

Ces analyses permettent de classer les climats des différentes régions du monde selon leurs caractéristiques principales.

Le climat a varié fortement au cours de l'histoire de la Terre sous l'influence de nombreux phénomènes astronomiques, géologiques, etc., et plus récemment sous l'effet des activités humaines (réchauffement climatique)[1].

I-3 Les facteurs du climat :

Le climat se définit comme l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, pression, précipitation) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère à un point du globe.

Deux types de facteurs l'influencent :

I-3-1 Les facteurs cosmiques :

Ils agissent sur toute l'étendue de la planète terre. Il s'agit de:

- L'atmosphère: elle est le siège de tous les phénomènes qui créent le temps et les climats.
- Les mouvements de la terre (rotation, révolution). Ils entraînent la succession des jours et des nuits, la succession des saisons et provoquent des différences thermiques sur les façades des continents.
- La latitude: La quantité de chaleur que reçoit la terre dépend de la hauteur du soleil à l'horizon.

I-3-2 Les facteurs géographiques :

Ils agissent sur une région bien précise de la planète. Il s'agit de:

- Le relief: il intervient par l'altitude (la température diminue au fur et à mesure que l'on s'élève en altitude) et par l'exposition (adret: versant au vent; Ubac: versant sous le vent)
- La végétation: Il apporte l'humidité, baisse la température et protège le sol.
- Les courants marins sont parcourus par les courants chauds (Gulf stream; Oyashivo) et par des courants froids (Labrador; Kuroshivo) qui modifient le climat des côtes qu'ils baignent[2].

I-4 Les éléments du climat :

I-4-1 La température :

La température est la sensation de froid et de chaud de l'air mesurée grâce à un thermomètre.

L'unité de mesure est peut être en degré Celsius ou en degrés Fahrenheit en fonction du pays où

l'on se trouve. Les températures sont influencés par des facteurs comme la latitude, l'altitude, la saison, la proximité de la mer etc ...

I-4-2 L'humidité :

L'humidité relative de l'air, aussi appelé **degré hygrométrique** est le degré de présence d'eau sous forme de vapeur dans l'air par rapport à sa capacité à en contenir. Cette capacité est déterminée par la pression atmosphérique. Plus la pression atmosphérique diminue, c'est à dire que la masse de l'air diminue, plus l'humidité augmente. Lorsque l'humidité arrive à saturation, c'est à dire que l'air ne peut plus contenir l'eau sous forme de vapeur, celle-ci se condense sous forme de gouttelettes d'eau ou de glace si les températures sont très froide, ce sont les précipitations.

I-4-3 La pression atmosphérique :

Il s'agit de la pression qu'exerce la masse de l'air sur une surface. L'air est composé de plusieurs gaz (dioxygène, vapeurs d'eau, dioxyde de carbone, azote etc..) et leur concentration peut varier, en particulier pour la vapeurs d'eau et le dioxyde de carbone, ce qui amène la pression atmosphérique à changer. Plus on l'altitude augmente, plus la pression atmosphérique diminue, c'est à dire que le présence de ces gaz se fait plus faible.

I-4-4 Le vent :

Le vent est le déplacement de masses d'air dans l'atmosphère. Lorsque la pression atmosphérique varie, l'air se déplace de manière plus ou moins puissante.

I-4-5 Les précipitations :

Les précipitations désignent les composant hydraulique présent dans l'atmosphère et devenus trop lourds pour rester en suspension. Les précipitations peuvent être sous forme liquides (pluie) ou solide (neige, grêle)

I-5 Les types de climats :

On distingue plusieurs types de climats sur la planète[3]:

- **Climat tropical** : Il se caractérise avec de hautes températures toute l'année. Le climat tropical humide possède deux saisons, une humide avec de fortes précipitations et une sèche avec des températures un peu plus fraîches.
- **Climat sec** : c'est un climat où les précipitations sont quasi-absentes. On distingue le climat aride, avec de grands écarts de températures entre le jour et la nuit (climat des déserts comme le Sahara) et le semi-aride, avec une saison sèche et une plus humide.
- **Climat Tempéré** : Climat caractérisé par une saison chaude (été) et une saison froide (hiver). Il existe des variantes comme le climat océanique, influencé par la proximité avec les grands Océans, le climat méditerranéen, plus doux, ou encore le climat subtropical humide.
- **Climat continental** : on le trouve à l'intérieur des terres, éloigné des côtes l'écart de température entre l'été et l'hiver sont très importants.
- **Climat polaire** : le climat polaire est un type de climat caractérisé par des températures froides toute l'année, sans chaleur estivale et avec des hivers glaciaux. Les températures moyennes du mois le plus chaud ne sont jamais supérieures à 10 °C.
- **Climat montagnard** : le climat montagnard est un climat propre aux diverses régions de montagne, indépendamment de la zone climatique où elles se situent. Il se caractérise par des hivers froids et des étés frais et humides.

I-6 Fonctionnement du système climatique:

Le système climatique est composé de plusieurs sous-ensembles : l'atmosphère, l'océan et la cryosphère, la lithosphère continentale et la biosphère de la Terre. L'apport d'énergie du rayonnement solaire et les échanges d'énergies entre les sous-ensembles du système climatique déterminent le climat de la planète.

Les océans représentent le principal réservoir de la chaleur capturée et de l'humidité. La circulation océanique, que l'on appelle aussi circulation thermohaline parce qu'elle est causée à la fois par des différences de températures et par différences de salinité, redistribue la chaleur des régions chaudes vers les régions froides[3].

Le rayonnement solaire se distribue inégalement à la surface de la Terre. Les basses latitudes, autour de l'équateur, reçoivent davantage de rayonnement que les hautes latitudes, proches des pôles Nord et Sud. L'océan n'absorbe (ou ne réfléchit) pas le rayonnement solaire incident de la même manière que les surfaces continentales. Les écarts de température importants entre régions polaires et zone intertropicale induisent à leur tour des mouvements de l'air (vents) et de l'océan (courants marins). Les surfaces océaniques et continentales sont soumises à une forte évaporation qui alimente un cycle hydrologique. La vapeur d'eau s'élève dans l'atmosphère, se condense en altitude, est transportée par les vents, et précipite sous forme de pluie ou de neige. La rotation de la Terre induit une accélération des vents (force de Coriolis) qui sont déviés vers la droite, dans l'hémisphère nord, et vers la gauche, dans l'hémisphère sud. Ce phénomène donne naissance aux vents alizés, dans la zone intertropicale, et à d'immenses tourbillons (les anticyclones de l'hémisphère nord). De vastes cellules de circulation générale ceignent la Terre : elles contribuent à redistribuer la vapeur d'eau excédentaire des régions de basses latitudes vers les zones extratropicales, et elles assèchent les régions désertiques aux latitudes subtropicales (cellules de Hadley)[4].

Une partie du rayonnement solaire qui arrive au sol est immédiatement réfléchi. Le rapport entre l'énergie réfléchi et l'énergie solaire incidente est l'albédo, qui est compris entre 0 pour un corps qui absorberait la totalité des ondes électromagnétiques et 1 pour une surface qui les réfléchirait toutes. L'albédo planétaire, mesuré au sommet de l'atmosphère, qui est de 0,3, connaît de grandes variations en fonction des surfaces, depuis 0,05 à 0,15 pour la surface de la mer, une forêt de

conifères ou un sol sombre jusqu'à 0,75 à 0,90 pour la neige fraîche. Toute variation de l'albédo modifie la température : ainsi, la fonte de la banquise arctique diminue l'albédo, donc augmente les températures dans la région arctique.

Les continents et surtout le relief introduisent des barrières physiques à ces échanges qui modifie grandement la distribution des précipitations, de la chaleur et de la végétation.

I-7 Les couche de l'atmosphère :

L'atmosphère terrestre est l'enveloppe gazeuse entourant la Terre que l'on appelle air. L'air sec se compose de 78,087 % de diazote, 20,95 % de dioxygène, 0,93 % d'argon, 0,041 % de dioxyde de carbone et des traces d'autres gaz. L'atmosphère protège la vie sur Terre en filtrant le rayonnement solaire ultraviolet, en réchauffant la surface par la rétention de chaleur (effet de serre) et en réduisant partiellement les écarts de température entre le jour et la nuit.

Les nuages qui sont liquides, parfois solides, ne sont pas considérés comme des constituants de l'atmosphère. En revanche la vapeur d'eau contenue dans l'air humide représente en moyenne 0,25 % de la masse totale de l'atmosphère². La vapeur d'eau possède la particularité notable d'être le seul fluide de l'atmosphère terrestre susceptible de changer rapidement de phase (glace, eau, vapeur), essentiellement en fonction de la température, et dont la concentration est très variable dans le temps et dans l'espace. La chaleur a tendance à faire monter l'air et son humidité, alors que la pression atmosphérique et la température diminuent avec l'altitude.

I-8 Caractéristiques et couches de l'atmosphère terrestre :

L'**atmosphère** terrestre correspond à la couche d'**air** qui entoure la Terre. On estime qu'elle a une épaisseur d'environ 500 km.

Les variations de température dans l'atmosphère terrestre ne sont pas régulières. Dans certaines zones, elle diminue et dans d'autres elle augmente, ce qui a conduit distinguer plusieurs couches [4]:

- La **troposphère** de 0 à (en moyenne) 12 km d'altitude. La température y diminue avec l'altitude. C'est dans cette couche que se déroulent les principaux phénomènes météorologiques. La troposphère concentre 90% de l'air contenue dans l'atmosphère.

- La **stratosphère** s'étend en moyenne de 12 à 50 km d'altitude. La température y augmente régulièrement.
- La **thermosphère** qui s'étend en moyenne de 80 à 500 km C'est la couche de l'atmosphère qui est exposée pour la première fois au rayonnement solaire. La thermosphère comprend également l'**ionosphère**, une région de l'atmosphère remplie de particules chargées, où se trouvent en particulier les **aurores**.
- **La mésosphère:** D'une épaisseur d'environ 35km la mésosphère est la plus froide couche de l'atmosphère car il y a peu d'air pour capter sous forme de chaleur l'énergie fourni par le soleil..

Remarque : on inclut également parfois une couche supplémentaire appelée *exosphère* qui permet la transition vers le vide interplanétaire. Cette couche est encore protégée des particules émises par le Soleil grâce au champ magnétique terrestre.

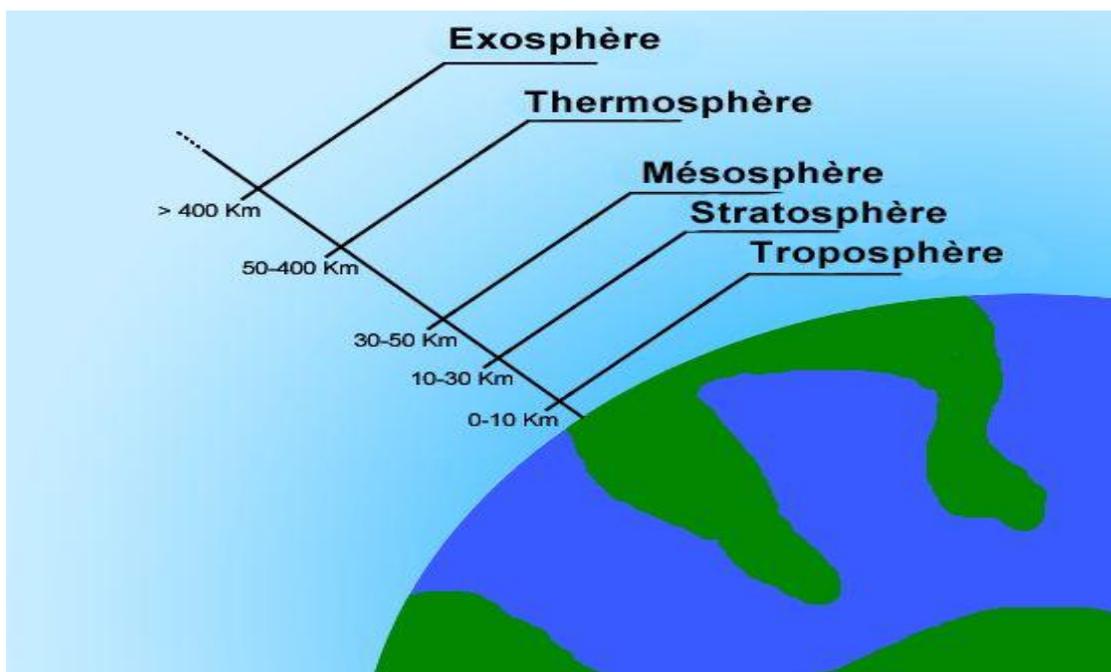


Figure I-1 : les différentes couches de l'atmosphère.

I-9 Structure thermique de la troposphère et ses conséquences :

En climatologie lorsque le terme atmosphère est utilisé sans précision il se réfère à la troposphère on y distingue deux types de structures thermiques.

I-9-1 La température dans l'air immobile:

La température décroît avec l'altitude soit de $0,65^{\circ}\text{C}$ tous les 100m, ce changement de température représente une sorte de valeur normale dite adiabatique (taux de décroissance de la température dans un air sec). Une masse d'air est soumise à une détente (déplacement vers le haut) ou une compression (déplacement vers le bas). Ces déplacements souvent rapides se produisent sans échange importante de chaleur avec l'air avoisinante : on parle de transformation adiabatique.

I-9-2 La température de l'air affecté de mouvements verticaux :

On distingue deux mouvements verticaux : un mouvement d'ascendance et un mouvement de subsidence. Le mouvement d'ascendance est une composante verticale dirigé de bas vers le haut, ce mouvement peu être lié à des processus dynamiques (convergence de masses d'airs en mouvement exemple l'ascendance équatoriale entre l'alizés continentale et l'alizés maritime) et thermique (la convection thermique qui est un mode de transfert de la chaleur dans un fluide par déplacement de celle-ci sous l'influence de la différence de température). Le mouvement de subsidence est la seconde composante verticale dirigée du haut vers le bas. Une subsidence provoque une divergence dans les basses couches de l'atmosphère, elle entraîne en outre un processus de compression et donc d'échauffement de l'air qui conduit à son assèchement. En claire l'ascendance entraîne une diminution de la pression ou détente et la subsidence une augmentation de la pression ou compression. Quand le phénomène est rapide la détente entraîne une baisse de la température et la compression une augmentation de la température .

Tableau I-1: Les compositions de l'atmosphère.

Azote N ₂	0.7808	Homogène
Oxygène O ₂	0.2095	Homogène
Eau H ₂ O	<0.030	Très variable
Argon A	0.0093	Homogène
CO ₂	345 pp m v	Homogène
Ozone O ₃	10 pp m v	stratosphère
Méthane CH ₄	1.6 pp m v	Décroit avec z
Oxyde nitreux N ₂ O	350 pp b v	Décroit avec z
NO, CFC-11, CFC-12	<0.3 pp b v	

Remarque : la composition est indiquée en rapport de mélange en volume

La composition de l'atmosphère en composants majeurs (N₂, O₂) varie peu jusqu'a 100 km. Il existe par contre de fortes variations des composants mineurs (H₂O, O₃)

Distribution de la température Variations du profil de température vertical

- Au sol, variations de 100 K mais 50 K en moyenne entre pole et équateur
 - Les températures dans la région de la tropopause varient plus faiblement mais atteignent de très basses valeurs (190 K). Très basses températures aux pôles en hiver dans la basse stratosphère mais aussi a la tropopause tropicale.

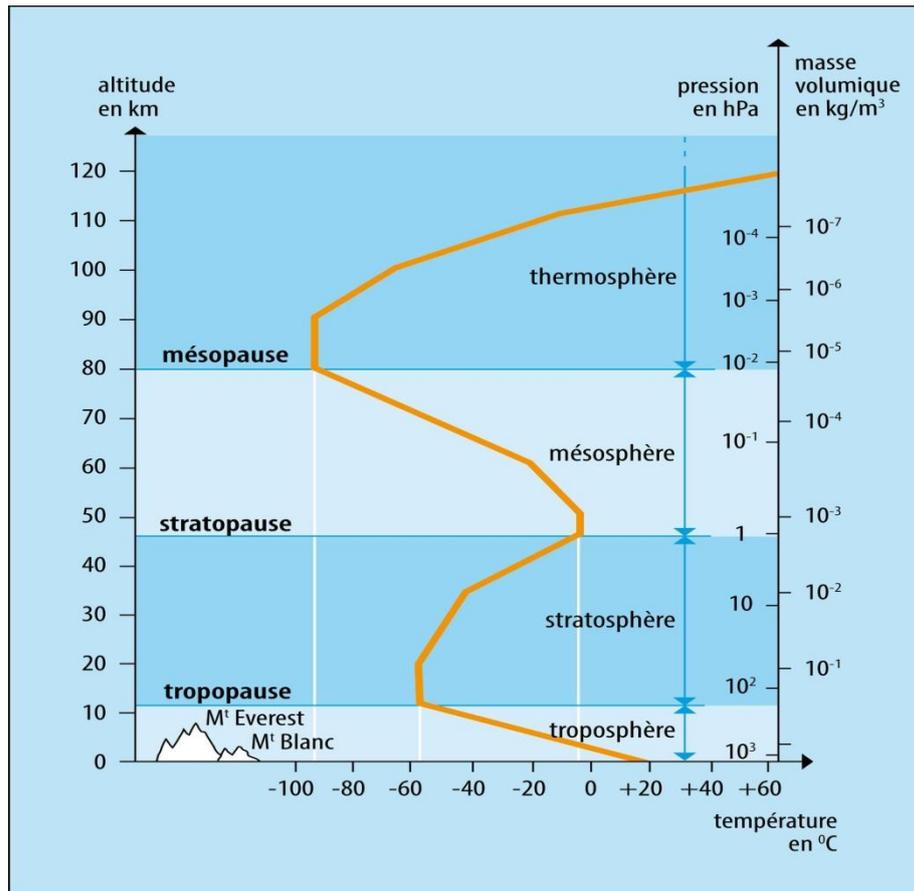


Figure I-2 : structure verticale des couches atmosphériques.

I-10 Le vent :

Est le mouvement au sein d'une atmosphère, masse de gaz située à la surface d'une planète, d'une partie de ce gaz. Les vents sont globalement provoqués par un réchauffement inégalement réparti à la surface de la planète provenant du rayonnement stellaire (énergie solaire), et par la rotation de la planète. Sur Terre, ce déplacement est essentiel à l'explication de tous les phénomènes météorologiques. Le vent est mécaniquement décrit par les lois de la dynamique des fluides, comme les courants marins. Il existe une interdépendance entre ces deux circulations de fluides[6].

Les vents sont généralement classifiés selon leur ampleur spatiale, leur vitesse (ex : échelle de Beaufort), leur localisation géographique, le type de force qui les produit et leurs effets. La vitesse du vent est mesurée avec un anémomètre mais peut être estimée par une manche à air, un drapeau, etc. Les vents les plus violents actuellement connus ont lieu sur Neptune et sur Saturne.

Le vent est l'acteur principal de l'oxygénation des océans ainsi que des lacs de haute montagne, par agitation et mise en mouvement de leurs surfaces. Il permet le déplacement de nombreux agents organiques et minéraux et d'expliquer la formation de certaines roches sédimentaires. Il influence le déplacement des populations d'insectes volants, la migration des oiseaux, il façonne la forme des plantes et participe à la reproduction de certains végétaux. L'érosion éolienne participe parfois à la morphologie du relief local (ex: congère de neige, dunes). Le vent a inspiré dans les civilisations humaines de nombreuses mythologies. Il a influé sur les transports, voire les guerres, mais également fourni des sources d'énergie pour le travail purement mécanique (ex. : moulins à vent, éoliennes) et pour l'électricité. Il participe même aux loisirs[7].

Le vent fait le plus souvent référence aux mouvements de l'air dans l'atmosphère terrestre. Par extension, le mouvement de gaz ou de particules polarisées allant du Soleil vers l'espace extérieur est appelé vent solaire et l'échappement gazeux de particules légères d'une atmosphère planétaire vers l'espace est nommé le vent planétaire[8].

I-11 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné une vue d'ensemble des différents facteurs et éléments de climat. Après un rappel sur les couches de l'atmosphère et des notions nécessaires à la compréhension de l'atmosphère et leurs composants.

Dans ce qui suit nous allons définir les notions générales dans le domaine de télécommunication pour voir la relation entre la météorologie et la télécommunication.

Chapitre02

Généralités Sur Les Réseaux

Sans Fil

II-1 Introduction :

L'essor des technologies sans fil , offre aujourd'hui de nouvelles perspectives dans le domaine des télécommunications. L'évolution récente des moyens de la communication sans fil a permis la manipulation de l'information à travers des unités de calculs portables qui ont des caractéristiques particulières (une faible capacité de stockage, une source d'énergie autonome..) et accèdent au réseau à travers une interface de communication sans fil.

L'évolution des dispositifs de calcul et les progrès dans l'infrastructure de communication ont abouti à la croissance rapide des réseaux sans fil. Ceux-ci sont géographiquement étendus (GSM,Wimax), locaux (802.11, Zigbee) ou personnels (Bluetooth).

Dans ce chapitre ,nous présentons les principes et les caractéristiques des réseaux sans fil[9].

II-2 Les Principes :

Un réseaux sans fil (wireless network) permet à au moins deux entités de communiquer sans liaison filaire. Chacune peut rester connecté même déplacée dans un périmètre géographique plus ou moins étendu.

Les réseaux sans fil utilisent des ondes radio ou infrarouges comme support de transmission.

Plusieurs technologies permettant de relier des équipements distants d'une dizaine de mètre à quelques kilomètre, sans nécessite de lourds aménagements des infrastructures existantes contrairement aux réseaux filaires se distinguent par leur fréquence d'émission, débit, portée des transmissions.

Le respect de réglementation relative aux transmission, ces dernière étant utilisées dans un grand nombre d'application (militaires, scientifiques, amateurs, etc.)est impératif.

Les ondes hertziennes étant difficiles à confiner dans une surface géographique restreint, il est facile d'écouter le réseaux si les information y circulent en claire.

Il est donc impératif de mettre en place des disposition pour assurer une confidentialité des données circulant sur les réseaux sans fil(cryptage)[10].

II-3 Propagation des ondes radio:

Dans le vide, les ondes radio se propagent en ligne droit dans plusieurs directions à la vitesse de la lumière.

Dans tout autre milieu, le signal subit une atténuation due au bruit ambiant (réflexion ,réfraction ,diffraction ,absorption);croissante avec l'augmentation de la fréquence ou de la distance.

Lors d'une collision avec un obstacle, l'atténuation dépend de sa nature chimique: les métaux provoquent une fort réflexion ,tandis que l'eau provoque une absorption.

Il est donc nécessaire de bien disposer les bornes d'accès pour obtenir une portée optimale[10].

II-4 Réflexion des ondes radio:

Par réflexion successives, un signal émis atteint une station ou un point d'accès en empruntant de multiple chemins (mode multi patch-cheminements multiples)ce qui provoque des interférences de plus en plus important lorsque la vitesse de transmission augmente ce qui la limite.

Pour remédier à ce problème, deux antennes, gérées par un contrôleur d'acquisition(AGC-acquisition gain Controller)distinguent deux signaux d'une même station.

Il existe plusieurs catégories de réseaux sans fil classées selon leur périmètre géographique de connectivité (zone de couverture)[10].

II-5 Classifications de réseaux sans fil :

Ces technologies peuvent être classées en quatre parties (comme illustré à la Figure II -1) :

- Les réseaux personnels sans fil (WPAN);
- Les réseaux locaux sans fil (WLAN);
- Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN);
- Les larges réseaux sans fil (WWAN).

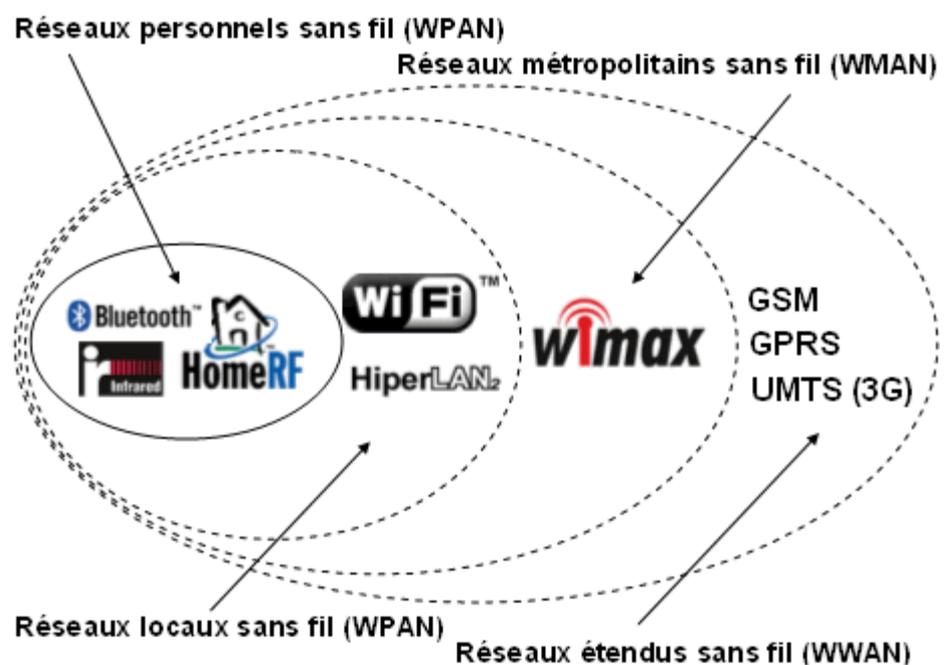


Figure II -1: Les catégories du réseaux sans fil[11].

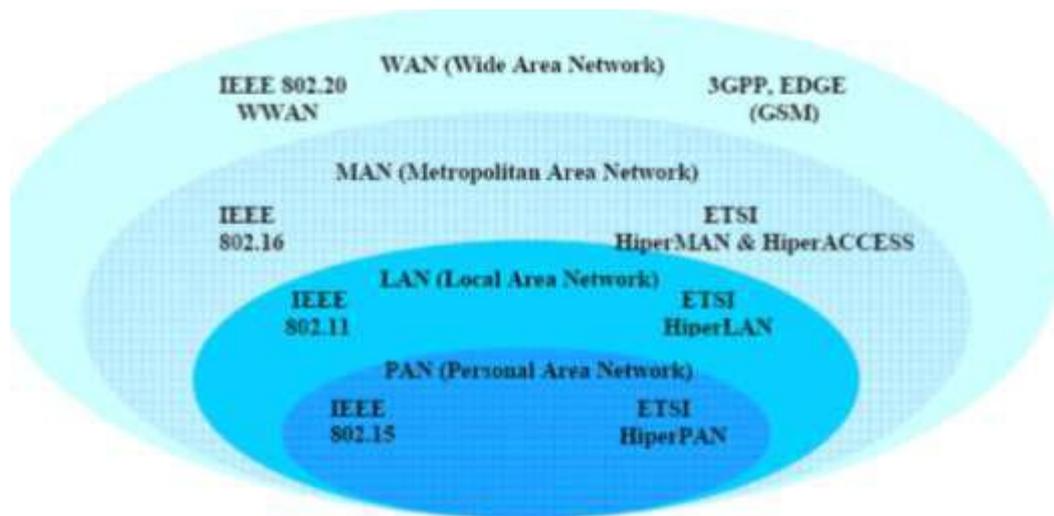


Figure II-2: Classification des réseaux sans fil selon l'étendue géographique[11].

II-5-1 Les réseaux personnels sans fil (WPAN: Wireless Personale Area Network) :

Les réseaux sans fil personnels concernent les réseaux ayant une très faible portée, de l'ordre de quelques mètres. Ils sont surtout utilisés pour interconnecter du matériel informatique de poche comme les téléphones mobiles et même les ordinateurs portables.

II-5-1-1 Le Bluetooth :

Le Bluetooth est un standard développé en 1994 par Ericsson et normalisé par l'IEEE 802.15.1. Son débit théorique est de 1 Mb/s mais en pratique il atteint 720 Kb/s. Le Bluetooth a une portée de 10 à 20 mètres et permet l'interconnexion de huit terminaux simultanément. Son point fort réside dans sa faible consommation d'énergie. On le voit apparaître de plus en plus dans de nombreux matériels, comme les téléphones mobiles.

II-5-1-2 Home RF :

Home RF un standard développé en 1998 par le "Home Radio Frequency Working Group", consortium qui incluait au départ : Compaq, IBM, HP, Intel et Microsoft. Ce standard utilise, tout comme le Wi-Fi, la bande de fréquence du 2.4 GHz. Il offre un débit théorique de 10 Mb/s pour un débit pratique de 3-4 Mb/s partagé entre tous les utilisateurs connectés. Sa portée varie entre 50-100m.

II-5-1-3ZigBee :

Le réseau ZigBee assure la transmission des données sans fil de haut niveau dans le but de faire communiquer des petits périphériques à travers des liaisons radio. Il définit un ensemble de protocoles de communication pour un débit théorique de 250kbit/s et garantit une communication de courte distance dans les environs de 100 m tout en étant moins cher et plus simple. ZigBee inclut la spécification complète des couches physiques et MAC de la norme IEEE802.15.4 pour les réseaux sans fil personnels (WPAN). Les deux versions les plus utilisées sont ZigBee Pro et ZigBeeIP. ZigBee opère dans la bande de fréquence 2.4 GHz mettant en œuvre la modulation OQPSK (Offset quadrature phase-shift keying) et la technique d'étalement spectrale DSSS (Direct Séquence Spread Spectrum)[11].

Tableau II-1: Classification des réseaux WPAN.

Technologie	Norme	Débit théorique	Portée m	Bande GHz	Observation
Bluetooth	IEEE 802.15.1	1 Mbits/s	Une trentaine	2,4 – 2,4835	- Bas prix L'émission de puissance dépend de la réglementation
Home RF	Consortium (Intel, HP-Siemens-Moto rol à et Compaq)	10 Mbits/s	50	2,4 – 2,4835	Permet de relier des PC portables, fixes et d'autres terminaux.
Zig Bee	IEEE 802.15.4	20 – 250 Kbits/s	100	2,4 – 2,4835	.Très bas prix, .Très faible consommation d'énergie.

II-5-2- Les réseaux locaux sans fil (WLAN: Wireless Local Area Network) :

Les réseaux locaux sans fil sont de plus en plus utilisés au sein des entreprises et des réseaux locaux particuliers. Ils permettent la couverture de bâtiments entiers. Plusieurs standards son développés(Tableau II) dont le WIFI et le HiperLAN.

II-5-2-1WiFi (Wireless Fidelity) :

Le WiFi est le nom commercial du standard IEEE 802.11 développé en 1999. Ce standard est actuellement l'un des standards les plus utilisés au monde. Les débits théoriques du 802.11b est de 11 Mb/s et 54 Mb/s pour le 802.11g, Il est évident que le débit pratique varie en fonction de l'environnement. Le WiFi utilise la bande de fréquence du 2.4 GHz. En fonction du milieu, la portée d'un point d'accès WiFi varie entre 10 et 200 m.

II-5-2-2HiperLAN :

HiperLAN est une technologie développée par l'ETSI. Deux versions de ce standard existent ,HiperLAN1 et HiperLAN2 qui peuvent fonctionner ensemble. Ce standard utilise une bande de fréquence proche du 5 GHz. Le débit théorique proposé par HiperLAN1 est proche de 20 Mb/s et celui de l'HiperLAN2 est de 54 Mb/s. La zone de couverture dépend du milieu, la fréquence ayant une longueur d'onde plus petite, celle-ci est plus sensible aux obstacles, cependant dans des milieu dégagés (type point à point) la connexion sera meilleure que pour le Wi-Fi.

Tableau II-2: Classification des réseaux WLAN.

Technologie	Norme	Débit (Mbits/s)	Portée (mètres)	Bande de fréquence	Observation
Wifi	IEEE 802.11	2 – 54	35 -50 (indoor) des centaines (outdoor)	2,4 – 2,4835 GHz 5 GHz	Elle comporte plusieurs déclinaisons IEEE 802.11 a/b/g
HiperLAN 1	ETSI	19 – 20	50	5 GHz	- La vitesse de déplacement de l'utilisateur ne peut excéder 10 m/s - Permet d'accéder aux réseaux ATM
HiperLAN 2		25	200		
HiperLink		155	150 – 200	17,2 – 17,3 GHz	Permet des liaisons fixes entre 2 points
DECT		2	300	1880 – 1900 MHz	Technique d'accès TDMA

II-5-3 Les réseaux métropolitains sans fil (WMAN :Wireless Métropolitain Area Network) :

Les réseaux métropolitains sans fil sont connus sous le nom de BLR (Boucle Locale Radio). Les BLR sont basés sur le standard IEEE 802.16. La boucle locale radio offre un débit théorique entre 1et 10 Mb/s pour une portée de 4 à 10 kilomètres, cette technologie est principalement utilisée par les opérateurs téléphoniques.

Tableau II-3 : Classification des réseaux WMAN

Technologie	Norme	Débit (Mbits/s)	Portée km	Bande GHz	Observation
Wi Max	IEEE 802.16	70	50	1– 66	-Permet le raccordement des hots spots Wifi pour l'accès à Internet -Techniques d'accès TDMA Comporte plusieurs déclinaisons
HiperAccess	ETSI	25	5	5	-Permet d'accéder aux réseaux ATM

II-5-4Les larges réseaux sans fil(WWAN: Wireless Wide Area Network) :

Les réseaux sans fil étendus sont généralement connus sous le nom de réseaux cellulaires. Ces WWAN ont une plus grande portée, tous les réseaux mobiles sont connectés à un WWAN.

II-5-4-1Le GSM :

Standard de téléphonie mobile défini par la "GSM association", il est utilisé principalement en Europe et en Asie et dans une moindre mesure aux Etats-Unis.

II-5-4-2Le GPRS :

Evolution du standard de téléphonie mobile GSM qui permet des transferts de données par paquets, comme sur Internet. Avec un débit théorique de 128 kbps, il est censé préparer l'arrivée de l'UMTS et permet notamment l'envoi de photo d'un téléphone à un autre.

II-5-4-3 UMTS :

Ce système de téléphonie mobile est également appelé 3G, pour 3ème génération. Avec un débit maximum de 2 Mb/s, il permet la vidéoconférence sur téléphone mobile avec une qualité proche de celle sur PC. L'envoi de vidéo de téléphone à téléphone devrait être aussi simple que l'envoi de SMS.

II-5-4-4 LTE:

LTE recouvre les releases R8 et R9 de la normalisation 3GPP. Ses objectifs sont les suivants : les débits crêtes doivent atteindre sur la voie descendante 100 Mb ps et sur la voie montante 50 Mb ps pour une largeur de bande de 20 MHz. Le délai de transmission ne doit pas dépasser 5 ms. Le service doit être assuré jusqu'à 350 km/h. Les performances doivent être assurées pour des rayons de cellules allant jusqu'a 5 km.

Tableau II-4: Classification des réseaux WWAN.

Technologie	Norme	Débit	Portée (km)	Bande	Observation
GSM	Européenne	9.6 Kbits/s	0.3 – 30	[890-915]MHz [935-960]MHz [1710-1785]MHz [1805-1880]MHz	- Utilise une commutation de circuits Système très sécurisé
GPRS	Européenne	≤ 120 Kbits/s	0.3 – 30	[890-915] MHz [935-960] MHz [1710-785]MHz [1805 -1880]MHz	-Utilise une commutation de paquets -Prise en charge des applications de données à moyens débits
UMTS	Européenne (ETSI)	≤ 2 Mbits/s	0.3 – 30	2 GHz	- Accès à Internet - Fonctionne en mode paquet et mode circuit

CDMA 2000	Américain e (TIA)	≤ 2 Mbits/s		2GHz	- Utilise la technique d'étalement de bande
EDGE	Européenn e	59.2 Kbits/s	0.3 - 30	3GHz	-Utilise la commutation de circuit
IS 95	Américain e	1,2288 Mbit/s		800-900 MHz 1800-1900 MHz	- Utilise la technologie CDMA
LTE	3GPP	100DL/50UL Mbit/s	5	700, 800, 1400, 1700, 1900, 2100 et 2600 MHz	- Utilise la technique OFDM - Réseau IP

II-6 Les avantages des réseaux sans fil :

Plus particulièrement, les avantages des réseaux locaux sans fil comprennent :

- Une mobilité génératrice de gains de productivité, avec un accès en temps réel aux informations, quel que soit le lieu où se situe l'utilisateur, pour une prise de décision plus rapide et plus efficace.
- Une installation plus économique du réseau dans les endroits difficiles à câbler, bâtiments anciens et structures en béton armé.
- Les WLAN libèrent l'utilisateur de sa dépendance à l'égard des accès câblés au backbone, lui offrant un accès permanent et omniprésent.

II-7 Les inconvénients des réseaux sans fil :

Les réseaux sans fil posent de nombreux problèmes de sécurité. Beaucoup de leurs caractéristiques ouvrent des vulnérabilités : les propriétés du média, la liberté topologique, les caractéristiques de la technologie, celles des implémentations, la fonctionnalité des équipements et la manière de positionner les bornes dans l'architecture des réseaux de l'entreprise.

Le média se compose d'ondes radioélectriques : c'est donc par construction, un support sans protection vis-à-vis des signaux externes, donc sensible au brouillage et au déni de service. Les caractéristiques de propagation des ondes sont complexes, dynamiques et difficiles à prévoir, avec beaucoup de phénomènes : absorption, diffraction, réfraction, réflexion, en fonction de l'humidité, du verre, du béton, du

démarrage d'un moteur, d'un four à micro-ondes, ...etc. Il est donc très difficile d'envisager une limite absolue au réseau, et sa frontière n'est pas observable. Les écoutes et interceptions sont donc aisées : il sera même possible d'insérer du trafic illégal et de s'introduire malicieusement dans le réseau.

II-8 Les bandes de fréquences :

Deux groupes sont représentés :

- Les technologies pour les téléphones portables (de 824 à 2170 MHz).
- Les technologies utilisées pour l'informatique, pour les WPAN et les WLAN, fonctionnent sur deux bandes : la bande ISM et la bande U-NII.

II-8-1 La bande ISM:

La bande ISM correspond à trois sous bandes (902-928 MHz, 2.400-2.4835 GHz, 5.725-5.850 GHz) seule la bande de 2.400-2.4835 GHz, avec une bande passante de 83,5 MHz, est utilisée par la norme 802.11.

La largeur de bande ISM (le maximum est de 83.5 MHz) est variable suivant les pays, de même que la puissance utilisable. Par ailleurs cette bande, plus précisément la sous-bande 2.400-2.4835 GHz, est fortement utilisée par différents standards et perturbée par des appareils (four à micro ondes,clavier et souris sans fil, ...etc.) fonctionnant dans ces fréquences.

II-8-2 La bande U-NII:

La bande U-NII (5.15-5.35 GHz, 5.725-5.825 GHz) offre une bande passante totale de 300MHz,chaque ne utilisant une puissance de signal différente.

II-9 conclusion :

Dans ce chapitre nous avons défini les réseaux sans fil et leurs classification

Chapitre 03

Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

III -1 Introduction :

La base de la communication sans fil réside dans les ondes électromagnétiques, et de nombreuses études ont été menées sur ces ondes et leur propagation dans l'espace [12,13].

Au cours de ce chapitre, nous étudierons l'effet des facteurs climatiques sur la propagation des ondes électromagnétiques et leur énergie par un petit programme élaboré par langage Fortran et avec le logiciel Altair-Feko sous une licence officielle.

III -2 Les ondes électromagnétiques :

III -2-1 définition :

Une onde électromagnétique est une catégorie d'ondes qui peut se déplacer dans un milieu de propagation comme le vide ou l'air, avec une vitesse avoisinant celle de la lumière, soit près de 300 000 kilomètres par seconde. Ces ondes sont par exemple produites par des charges électriques en mouvement. Elles correspondent aux oscillations couplées d'un champ électrique et d'un champ magnétique, dont les amplitudes varient de façon sinusoïdale au cours du temps [14].

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

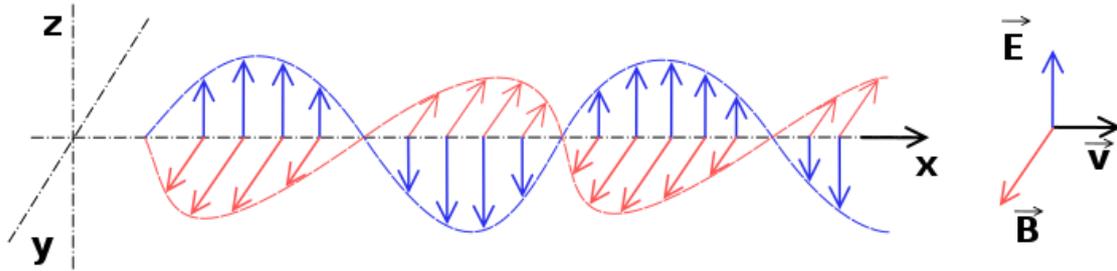


Figure III -1 :Représentation d'une onde électromagnétique OEM se propageant dans l'espace[14].

$V =$ Vitesse de déplacement de l'onde $E =$ Champ électrique $B =$ Champ magnétique

Les ondes électromagnétiques transportent de l'énergie mais elles sont aussi capables de transporter de l'information. C'est pourquoi elles sont utilisées dans le domaine de la communication.

Concrètement, les ondes électromagnétiques servent à faire fonctionner les smart phones, les postes de radio, ou encore sont utilisées pour faire des radiographies du corps humain. De même, la lumière visible est une onde électromagnétique ;

Elle nous permet de voir les couleurs.

Ces différentes ondes électromagnétiques se différencient et sont caractérisées par leur fréquence, c'est-à-dire le nombre d'oscillations en une seconde. La fréquence est exprimée en Hertz. Une autre caractéristique des ondes électromagnétiques est la longueur d'onde, c'est-à-dire la distance qui sépare deux oscillations de l'onde.

Elle est inversement proportionnelle à la fréquence.

Les ondes électromagnétiques sont classées en fonction de leur fréquence dans ce que l'on appelle le « spectre électromagnétique ».

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

III -3 Les équations de MAXWELL :

Tout l'électromagnétisme est contenu dans les équations de Maxwell

III -3-1 Présentation des équations de Maxwell :

La répartition des champs électriques et magnétiques dans l'espace produite par une distribution donnée de charges et de courants peut être déterminée en résolvant les équations de Maxwell. En outre, celles-ci permettent de déterminer comment l'onde électromagnétique se propage dans l'espace. Pour un milieu homogène et isotrope (cas général de la propagation en espace libre ou guidée), celles-ci sont données par les équations 1 à 4[15].

Equation de Maxwell-Gauss	$div E = \frac{\rho}{\epsilon}$	Equation 1
---------------------------	---------------------------------	------------

Equation de Maxwell-Thompson	$div B = 0$	Equation 2
------------------------------	-------------	------------

Equation de Maxwell-Faraday	$\vec{rot} E = -\mu \frac{dH}{dt}$	Equation 3
-----------------------------	------------------------------------	------------

Equation de Maxwell-Ampère	$\vec{rot} H = \sigma E + \epsilon \frac{dE}{dt}$	Equation 4
----------------------------	---	------------

Avec :

ρ : densité volumique de charge

ϵ : permittivité électrique (F/m). A noter ϵ_0 : permittivité diélectrique dans le vide

(= 8.85e12) et ϵ_r : permittivité électrique relative telle que $\epsilon = \epsilon_0 \times \epsilon_r$

μ : perméabilité magnétique (H/m). A noter μ_0 : permittivité diélectrique dans le vide (= 4 π .10-7) et μ_r : permittivité magnétique relative telle que $\mu = \mu_0 \times \mu_r$

σ : conductivité électrique du milieu (S/m)

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

L'équation de Maxwell-Gauss : (issue du théorème de Gauss) indique que toute distribution de charges dans l'espace conduit à l'apparition d'un champ électrique, de telle sorte que pour tout volume contenant ces charges, le flux du champ électrique sortant de cette surface est proportionnel à la somme de toutes les charges.

L'équation de Maxwell-Thompson : indique qu'un courant induit un champ magnétique qui forme une boucle autour de ce courant. Contrairement au champ électrique créé par une charge, le flux de champ magnétique sortant de toute surface entourant la ligne parcourue par un courant est nul. En comparant cette équation avec celle de Maxwell-Gauss, on peut en conclure qu'il n'y a pas de charges magnétiques analogues aux charges électriques.

L'équation de Maxwell-Faraday : est issue de la loi de Faraday et décrit le phénomène d'induction d'une force électromotrice par un champ magnétique variable. Le flux d'un champ magnétique variable à travers toute surface incluse à l'intérieur d'un contour fermé donne naissance à une force électromotrice.

L'équation de Maxwell-Ampère : permet de relier le champ magnétique au courant circulant dans un circuit[15].

III -4 électromagnétique – Propagation des ondes en espace libre :

A partir des équations de Maxwell, il est possible de déterminer la distribution dans l'espace des champs électriques et magnétiques produits par une source. Le couple formé par les champs électriques et magnétiques forme une onde électromagnétique. Ce terme vient du fait que, en raison des liens qui existent entre ces 2 champs, ceux-ci gagnent tout le milieu ambiant de proche en proche ou se propagent, à l'image d'une onde qui se forme à la surface d'un lac dans lequel on aurait jeté une pierre. Nous allons commencer par donner quelques éléments de

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

démonstration succincts de ce comportement. Il est conseillé de se reporter à des ouvrages d'électromagnétisme pour un développement plus détaillé et rigoureux[15].

III – 4-1 Equation de propagation :

La résolution des équations de Maxwell va nous permettre de déterminer l'équation de propagation des champs. Nous ne considérerons ici que le cas d'un milieu de propagation sans pertes caractérisé par une constante diélectrique et magnétique réelle, où il n'y a donc aucune charge et courant. En combinant alors les équations de Maxwell-Ampère et de Maxwell-Faraday, il est possible d'écrire les 2 équations différentielles dites de propagation[15] :

$$\Delta E - \varepsilon\mu \frac{d^2 E}{dt^2} = 0 \quad \text{Equation 5}$$

$$\Delta H - \varepsilon\mu \frac{d^2 H}{dt^2} = 0 \quad \text{Equation 6}$$

III – 4 -2 Polarisation d'une onde électromagnétique[15] :

On définit la polarisation d'une onde électromagnétique comme la direction du champ électrique. En se plaçant dans un repère sphérique ayant pour origine la source de l'onde avec l'axe orienté le long de la direction de propagation, on peut décrire la direction du champ E par la relation suivante :

$$\vec{E} = \vec{E}_\theta \cdot U_\theta + \vec{E}_\phi \cdot U_\phi$$

$$E_\theta = A \cdot \sin(\omega t + \phi_\theta) \quad E_\phi = B \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

Equation 7

Si les deux composantes du champ électrique vibrent en phase ou en opposition de phase ($\phi_\theta = \phi_\phi \pm \pi$), les champs E et H conservent une direction constante dans le temps.

La polarisation est dite rectiligne. L'onde électromagnétique présentée à la **Figure III-2** est rectiligne.

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

Sinon, la polarisation est elliptique et la direction du champ E varie dans le temps. L'extrémité du vecteur représentant le champ électrique décrit une ellipse. Dans le cas particulier où les 2 composantes sont en quadrature ($\phi_\theta = \phi_\varphi \pm \pi / 2$), la polarisation est alors circulaire.

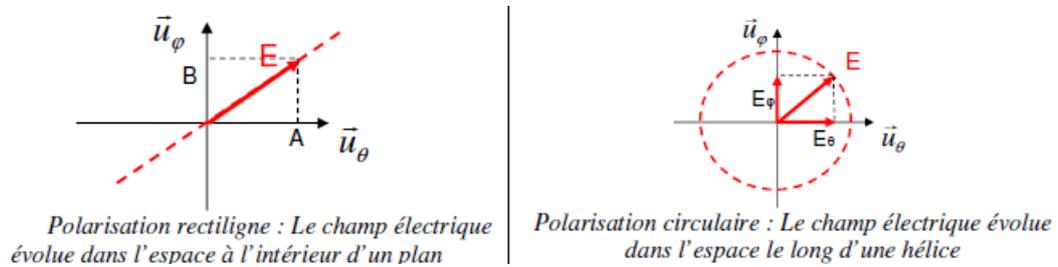


Figure III-2 : Polarisation rectiligne et circulaire.

La polarisation de l'onde dépend des caractéristiques de l'antenne émettrice. Ainsi, les antennes filaires présentent une polarisation rectiligne. Cependant, la polarisation d'une onde peut être modifiée par le milieu de propagation et les objets environnants. Par exemple, le passage d'une onde à travers un milieu chargé (comme le passage d'une onde à travers l'ionosphère terrestre) conduit à une rotation du plan de polarisation par effet Faraday et donc à l'introduction de déphasage de propagation.

III –5 Puissance transportée par une onde électromagnétique [15]:

Dans un volume dV , une onde électromagnétique transporte une énergie composée de :

- Une énergie électrique $= \frac{\epsilon E^2}{2} dV$ Equation 8

- Une énergie magnétique $= \frac{\epsilon H^2}{2} dV$ Equation 9

L'énergie totale est donc de $\frac{\epsilon E^2 + \mu H^2}{2} dV = \frac{1}{c} \mathbf{E} \cdot \mathbf{H} \cdot dV$. On peut montrer que l'onde transporte la puissance suivante, exprimée sous la forme d'un vecteur appelée vecteur de Poynting. H^* est le conjugué du champ magnétique.

$$\vec{P} = \frac{1}{2} \vec{E} \wedge \vec{H}^* \quad (W/m^2)$$

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

Equation10

III -6 Caractéristiques des antennes :

III -6 -1 Structure générale d'une antenne [15] :

Une antenne passive peut réciproquement être utilisée en émission et en réception. Les propriétés de l'antenne resteront les mêmes qu'elle soit utilisée en émission ou en réception. La Figure III-3 présente la structure générale d'une antenne émettrice. (Une antenne réceptrice présente une structure similaire, l'alimentation est remplacée par un récepteur, le sens des flèches indiquant le transfert de puissance est inversé) : Le signal à transmettre peut provenir d'une ou plusieurs sources (amplitude et phase des sources indépendantes). P_s correspond à la puissance électrique délivrée par la source. Des amplificateurs et des filtres peuvent être placés entre la source et l'antenne pour fournir une puissance électrique suffisante aux éléments rayonnants et assurer une émission (ou une réception) sur une bande étroite. L'émetteur ou le récepteur sont reliés à l'antenne par une ligne qui sont en général des lignes coaxiales ou des guides d'ondes. Ils permettent de transporter une puissance électrique P_A aux éléments rayonnants. La puissance P_A est différente de la puissance P_S en raison des pertes liées aux différents éléments reliant la source aux éléments rayonnants. Le réseau de polarisation permet de connecter les signaux à transmettre aux éléments rayonnants, de les déphaser et/ou de les combiner entre eux. Les éléments rayonnants assurent la transmission de l'énergie fournie par l'émetteur à l'espace libre où l'onde va se propager. La puissance rayonnée par l'antenne est notée P_R . Réciproquement, elle assure la transmission de l'énergie d'une onde EM vers le récepteur .

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

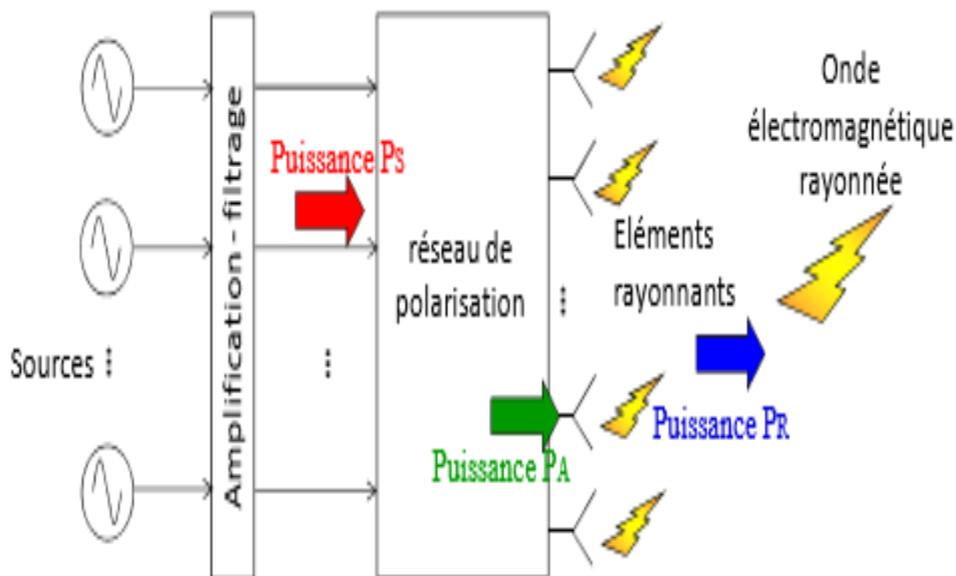


Figure III –3: Structure générale d'une antenne [15].

III-6-2 Puissance rayonnée par une antenne:

Une antenne sert à convertir une puissance électrique en une puissance rayonnée, c'est-à-dire transportée par une onde électromagnétique, qui peut se propager dans toutes les directions de l'espace. Ces directions vont dépendre des caractéristiques de l'antenne [15].

III-6-3 diagramme de rayonnement:

Les antennes sont rarement omnidirectionnelles et émettent ou reçoivent dans des directions privilégiées.

Le diagramme de rayonnement représente les variations de la puissance rayonnée par l'antenne dans les différentes directions de l'espace. Il indique les directions de l'espace (θ_0, ϕ_0) dans lesquelles la puissance rayonnée est maximale [15].

On trace dans le diagramme de rayonnement la fonction caractéristique de rayonnement $r(\theta, \phi)$, qui varie entre 0 et 1 selon la direction. Celui-ci peut se représenter sous différentes formes **Figure III-**

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

En général, le diagramme de rayonnement d'une antenne est représenté dans les plans horizontaux ($\theta = 90^\circ$) et verticaux ($\phi = \text{constante}$), ou bien dans les plans E et H.

$$r(\theta, \phi) = \frac{P(\theta, \phi)}{P_0(\theta_0, \phi_0)}$$

$P(\theta, \phi)$: Puissance rayonnée dans une direction quelconque

$P_0(\theta_0, \phi_0)$: Puissance rayonnée max.

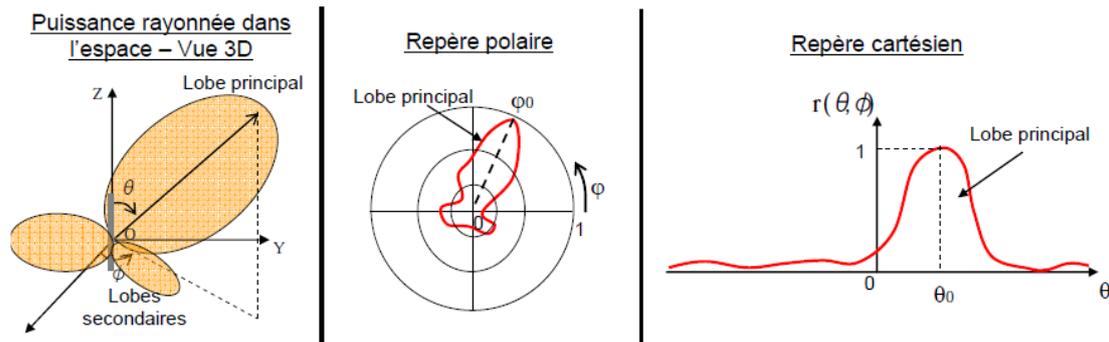


Figure III-4 : Représentation du diagramme de rayonnement d'une antenne.

Le diagramme de rayonnement d'une antenne est principalement relié à sa géométrie mais peut aussi varier avec la fréquence. Hormis les antennes omnidirectionnelles, les antennes ne rayonnent pas la puissance de manière uniforme dans l'espace. Dans ce cas, la fonction caractéristique de rayonnement est égale à 1 quel que soit la direction considérée. En général, la puissance est concentrée dans un ou plusieurs « lobes ». Le lobe principal correspond à la direction privilégiée de rayonnement. Les lobes secondaires sont généralement des lobes parasites. Dans ces directions, l'énergie rayonnée est perdue donc on cherche à les atténuer.

III-7 l'influence de la distance entre les antennes:

L'équation des télécommunications (loi de Friss), permet d'obtenir un ordre de grandeur de la puissance radio collectée par un récepteur situé à une certaine distance d'un émetteur en espace libre [16]

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

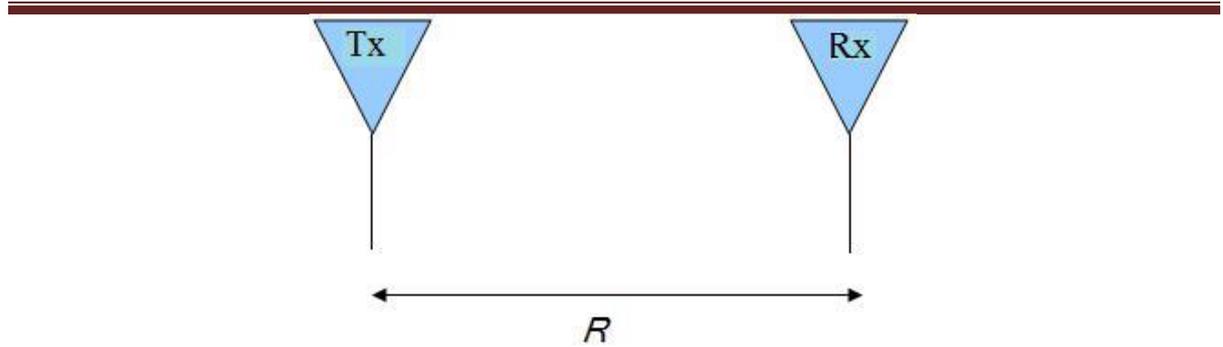


Figure III-5 : La distance entre deux antenne émetteur et récepteur[16].

$$\frac{P_r}{P_e} = \frac{G_r G_e \lambda_0^2}{(4\pi R)^2} \text{Equation 11}$$

Où :

- **Ge** est le gain de l'antenne d'émission,
- **Gr** est le gain de l'antenne de réception
- λ_0 est la longueur d'onde du signal émis ($c = \lambda_0/T = \lambda_0 \cdot F$)
- **R** est la distance entre les antennes.

III-8 La présentation du logiciel FEKO:

Le nom FEKO est une abréviation dérivée du la phrase allemand **F**Eldberechnung**bei**Körpern mit beliebiger**O**berfläche. (Calculs de champ impliquant des corps de forme arbitraire).

FEKO est un logiciel commercial développé par la société EMSS dédié à la simulation électromagnétique. Le but de ce type de logiciel est de proposer une résolution numérique plus ou moins exacte des équations de Maxwell. Les champs d'application du logiciel sont variés[17]:

- Conception d'antennes
- Placement d'antennes sur des systèmes
- Conception de composants radiofréquences et micro-ondes

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

- Analyse de rayonnement
- Analyse de compatibilité électromagnétique
- Analyse des effets biologiques des ondes électromagnétiques

Le logiciel **FEKO** utilise différentes méthodes d'analyse numérique, comme la montre la **Figure III-5**.

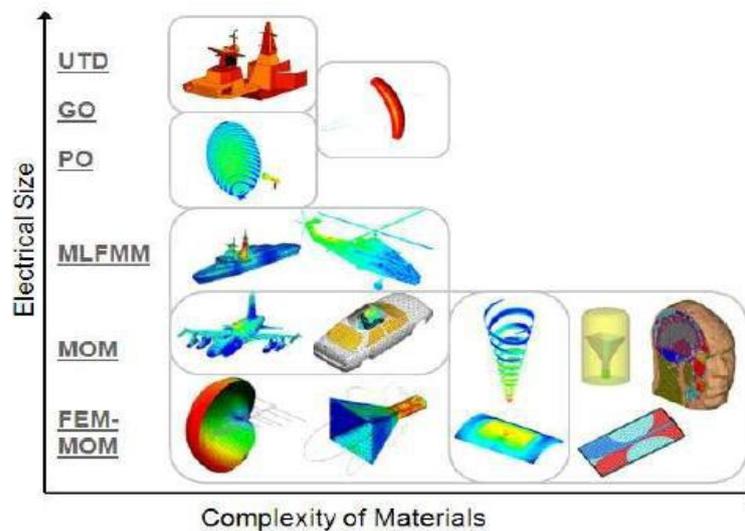


Figure III-6: Les différentes méthodes de résolution numérique des équations de Maxwell utilisées par **FEKO**.

Le logiciel **FEKO** utilise dans la conception et la simulation trois types d'outils distincts [18]

:



CADFEKO



FEKO SOLVER



POSTFEKO

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

Dans notre travaille nous avons utilisons CADFEKO :

LE CADFEKO constitue le point d'entrée du flot de simulation. Le projet est créé à partir de cet outil. La plus grande partie de travail de conception/simulation se fait sous CADFEKO. Le flot de conception commence par la définition de la géométrie des structures. L'outil CADFEKO permet à l'utilisateur de visualiser en 3D les objets géométriques définis par l'utilisateur [19].

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

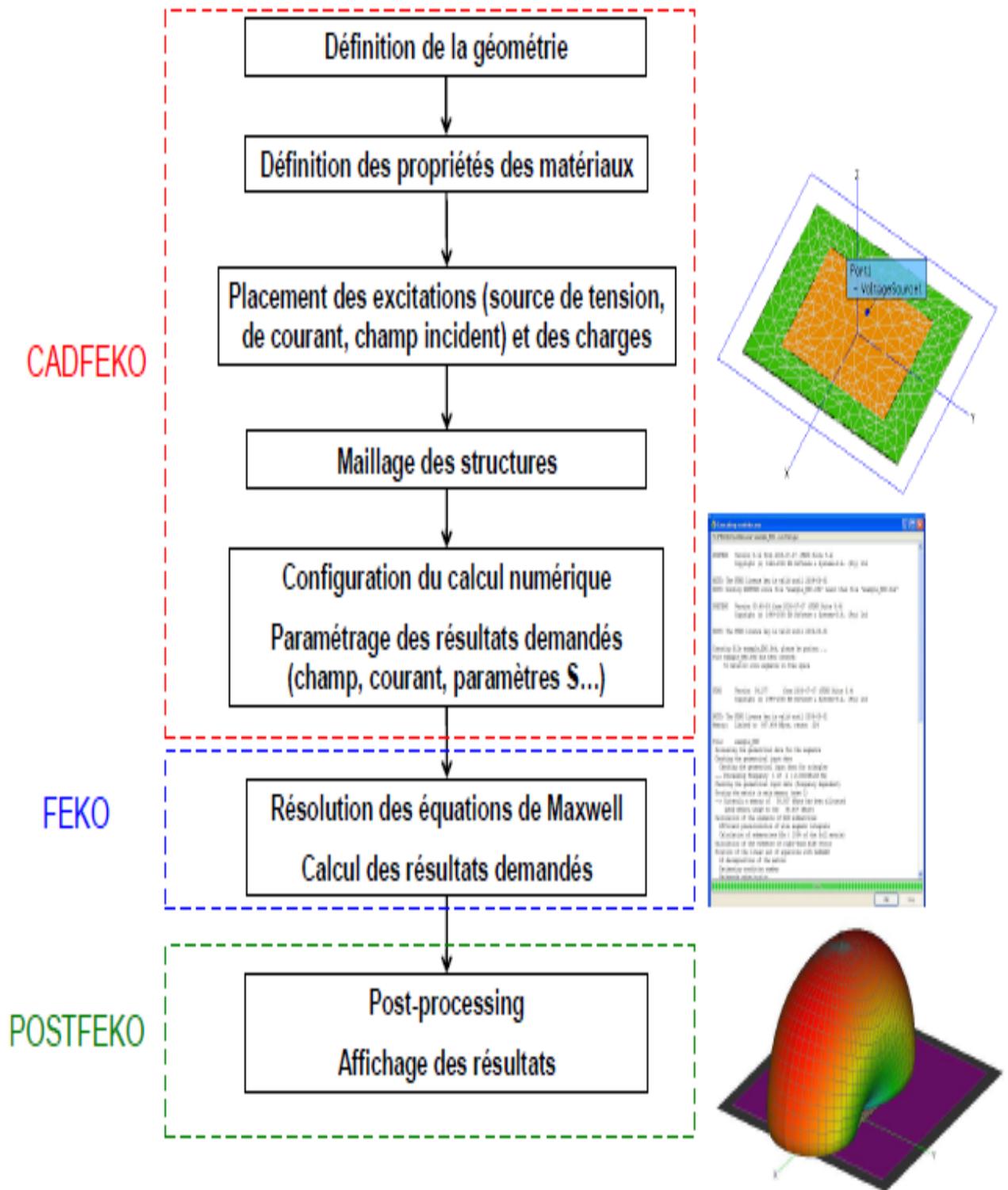


Figure III-7:Flot de simulation sous FEKO.

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

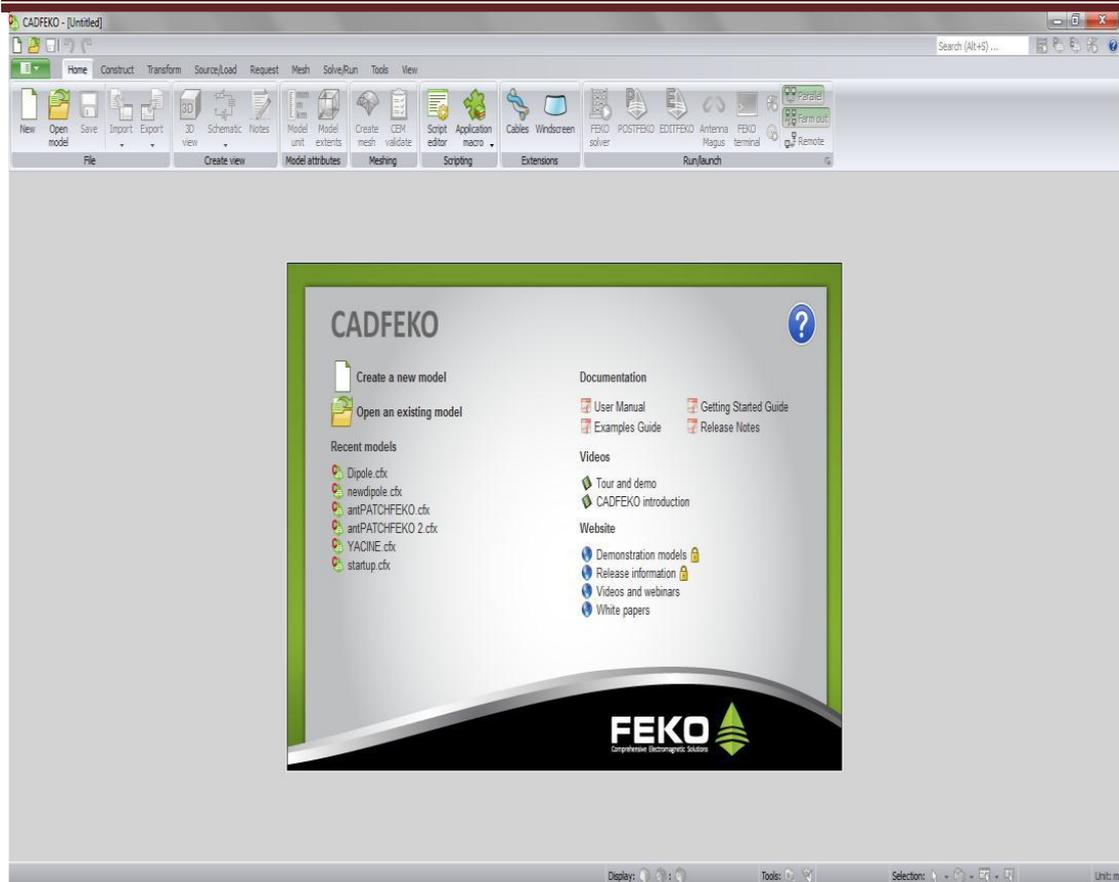


Figure III-8: Fenêtre d'accueil du CADFEKO.

III -9 Etude de l'effet du vent sur la communication sans fil:

A partir des équations de la propagation des ondes électromagnétiques et de l'énergie totale, et en tenant compte de la polarisation, on note qu'il y a deux possibilités pour l'effet du vent sur la communication sans fil

III-9-1 Perte d'énergie en fonction de l'angle:

Elle est appelée Gross-polarisation et est liée à l'angle α entre l'onde et l'antenne, de sorte que :

$$Lp(dB) = 20 \log(\cos \alpha)$$

Equation 11

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

Un petit programme a été élaboré par langage de Fortran pour éditer la perte d'énergie, Il est basé sur l'équation de propagation des ondes électromagnétique et l'équation 11 qui lié la perte d'énergie en fonction de l'angle Alpha. Le plan de notre programme est présenté dans la figure III.9.

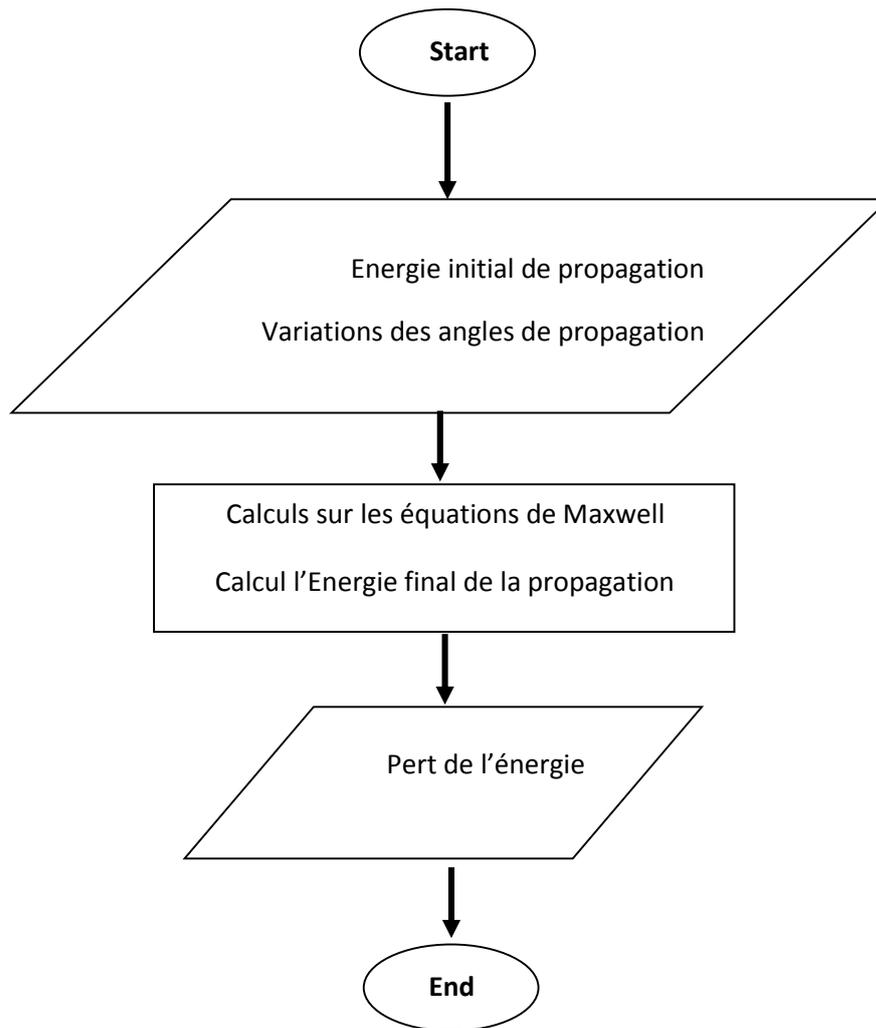


Figure III-9 : Plan du programme de calcul.

Les résultats trouvés par notre programme sont présentés dans la **Figure III-10**

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

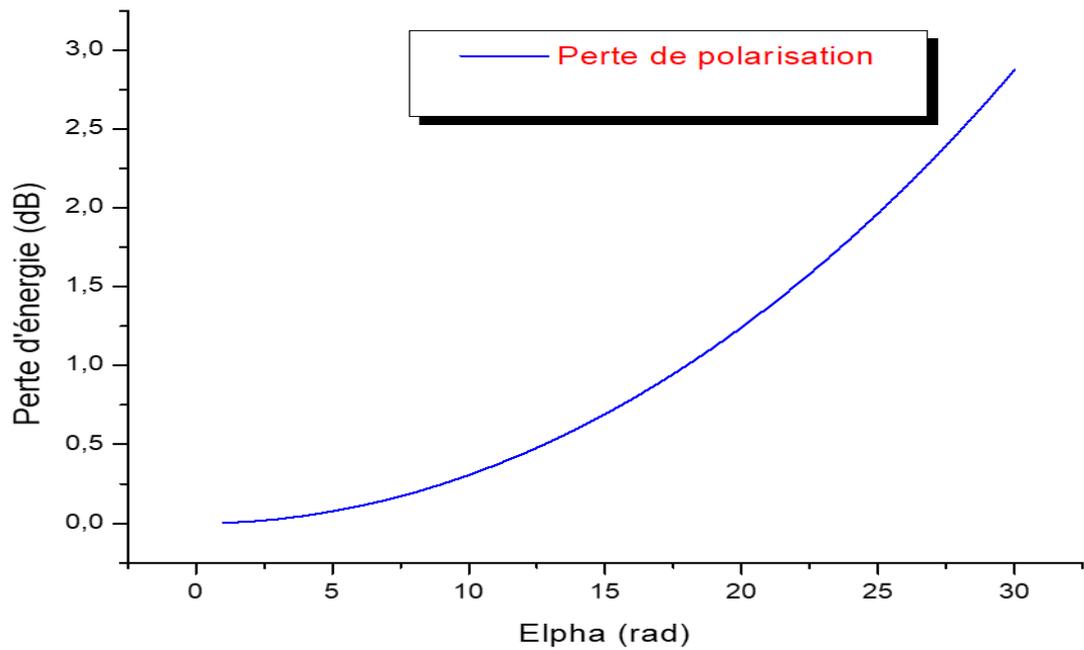


Figure III-10 :

Représentation de perte de polarisation en fonction de l'angle entre l'onde et l'antenne(Elpha).

D'après ces résultats, on peut constater que les pertes de polarisation croissent en fonction de la l'ongle Elpha.

Il a également montré les résultats du programme, et afin de réduire cette perte, des antennes de réception aux formes multiples comme la **Figure III-11** doivent être conçues

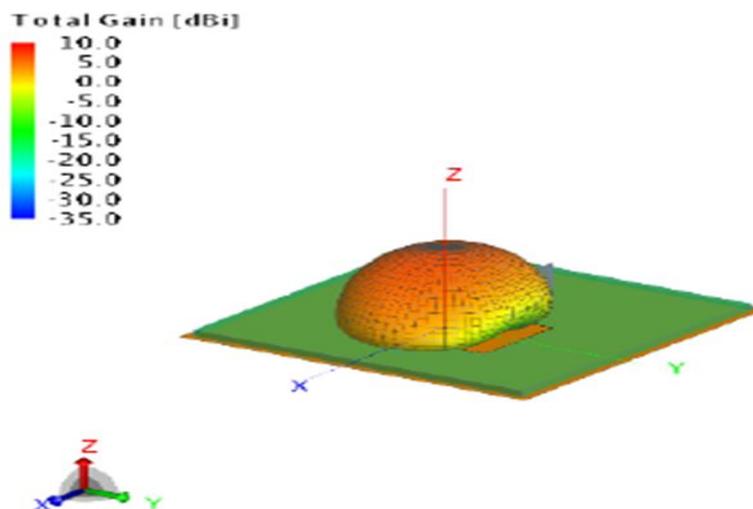


Figure III-11 : représentation d'une antenne plane.

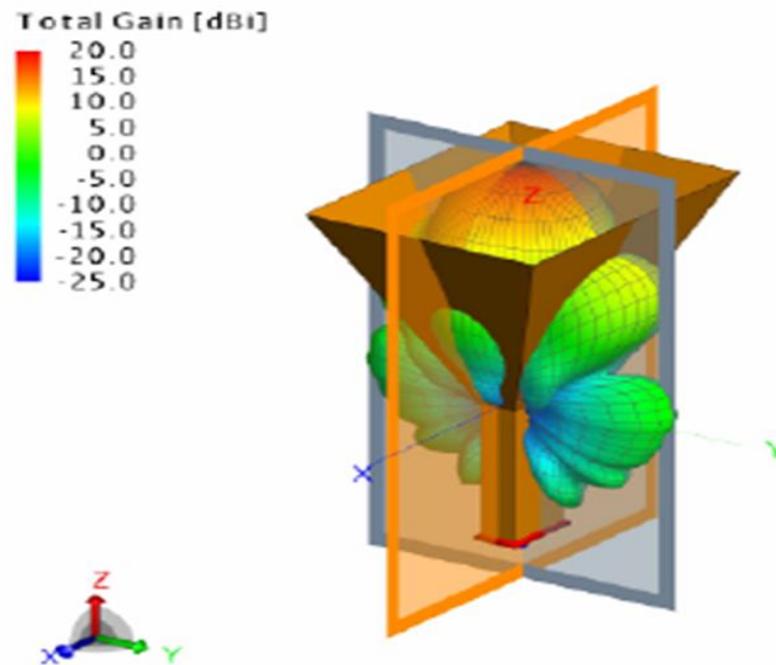


Figure III-12:représentation d'un antenne cornet.

Comme il a été constaté à partir de la simulation du programme que la perte d'énergie dans le cas de l'antenne plane est plus importante que celle de l'antenne cornet

III-9-2 Perte d'énergie en fonction de volume:

Dans un volume dV , une onde électromagnétique transporte une énergie composée de [15] :

$$P_t = \frac{\epsilon E^2 + \mu H^2}{2} dV$$

Equation 12

$$P_t = \frac{1}{c} E H \cdot dV$$

Equation 13

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

L'effet du vent sur le volume est en cas de vent de face à son tour, cet effet de volume entraîne une perte de l'énergie totale des ondes électromagnétiques, comme le montrent les équations précédentes

III-10 Etude de l'effet de la température et la pression sur la communication sans fil:

III-10 -1- Perte d'énergie en fonction de la température et la pression

à travers le programme de calcul que nous avons préparé et les équations suivantes:

$$\left. \begin{array}{l} PV = nRT \\ PV = KT \end{array} \right\} \text{Equation 14}$$

$$\Downarrow \\ V = \frac{KT}{P} \text{Equation 15}$$

L'effet de la pression et de la température sur l'énergie des ondes électromagnétiques est illustré dans la courbe suivante:

Chapitre 03 Energie de propagation des ondes électromagnétiques et perte d'énergie

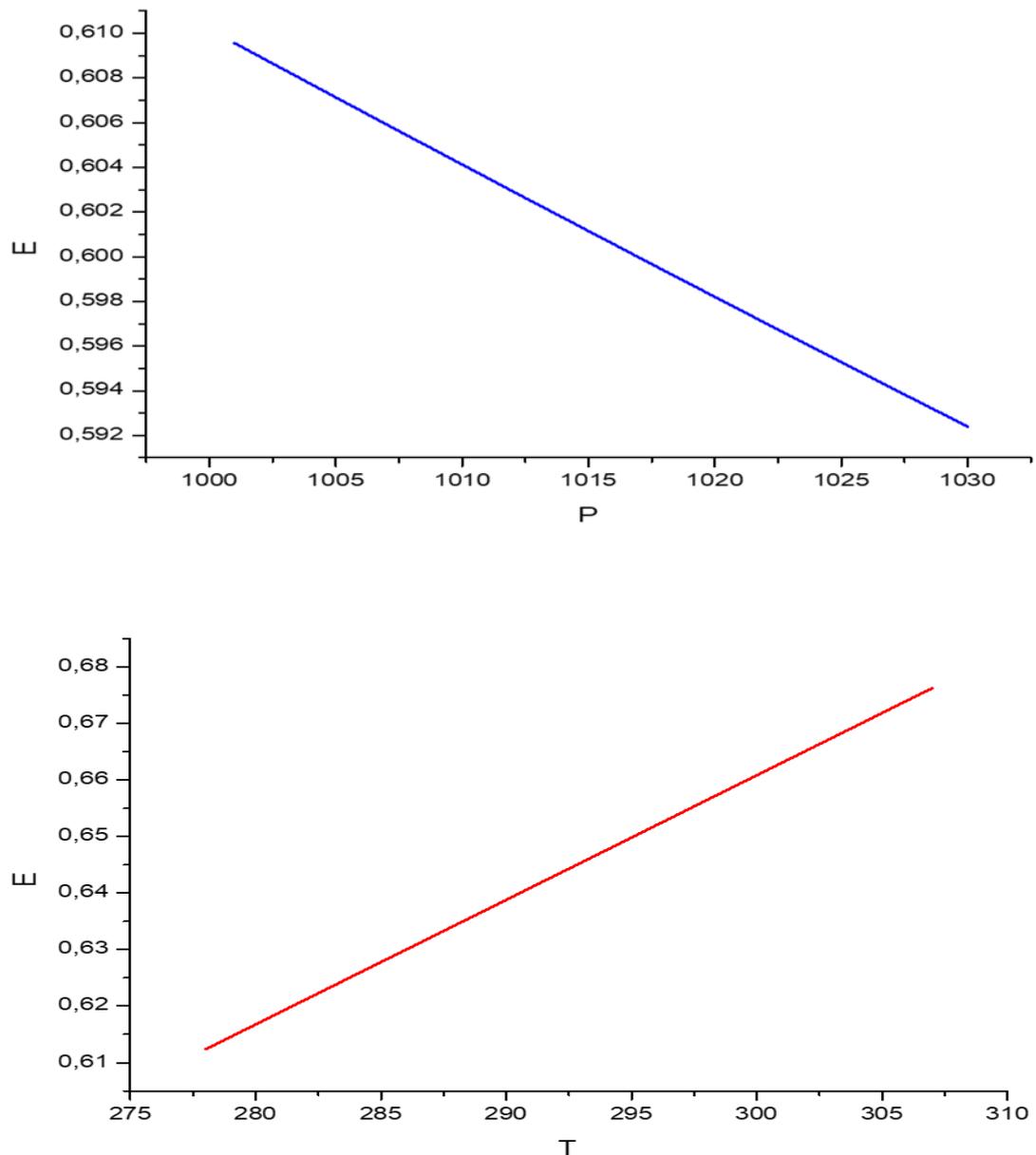


Figure III -13 : Représentation de Perte d'énergie en fonction de pression et Température.

- ❖ A travers de ces courbes on remarque que l'énergie augmente en fonction de la pression et de la température .

III-11 CONCLUSION :

L'influence des conditions climatiques sur la communication sans fil est l'effet de ces conditions sur l'énergie des ondes électromagnétiques OEM.

Conclusion générale :

Conclusion générale :

Le travail présenté dans cette mémoire concerne l'influence des conductions climatiques « pression ,Température, vent » sur le domaine de télécommunication sans fil .

Les problématiques abordées dans ce mémoire nous ont permis d'étudier une antenne de transmission par un logiciel de simulation est on voir l'influence de la pression et la température et le vent sur l'énergie transmis par l'antenne.

Le premier chapitre rappelle les concepts fondamentaux de l'état de l'art sur l'atmosphère et leur composant.

Le deuxième chapitre est une vus généralité sur les réseaux sans fil pour développer le domaine de télécommunication.

Le dernier chapitre est une simulation par Le Logiciel FECO pour voir l'influence de paramètre de climat sur l'énergie transmis par les antennes en fonction de pression et température et l'angle Alpha.

Référence et Bibliographies

Bibliographies

[1]VIVIAN, Huguette. Pierre Pagney: Les catastrophes climatiques. Revue de Géographie Alpine, 1994, 82.4: 192-192.

[2]TSALEFAC, Maurice, et al. 2. Plus d'un siècle de climatologie camerounaise Bilan, enjeux et perspectives. Les forêts du Bassin du Congo et l'adaptation aux changements climatiques, 2014, 41.

[3] VIVIAN, Huguette. Pierre Pagney: Les catastrophes climatiques. Revue de Géographie Alpine, 1994, 82.4: 192-192.

[4]MARLIN, Christelle, et al. Variations chimiques et isotopiques de l'eau du sol lors de la reprise en gel d'une couche active sur pergélisol continu (Presqu'île de Brögger, Svalbard). Canadian Journal of Earth Sciences, 1993, 30.4: 806-813.

[5]PAGNEY, Pierre. La climatologie française, la modélisation des climats et le réchauffement climatique: la climatologie en question. EchoGéo, 2012, 22.

[6]LE TREUT, Hervé; JANCOVICI, Jean-Marc. L'effet de serre. Allons-nous changer le climat?. Flammarion, 2011.

[7]WALDVOGEL, Francis. Tableau de la vie: Échanges, émergence, complexité. Odile Jacob, 2020.

[8]CHAUFRAY, Jean-Yves. Etude de l'exosphère de Mars et échappement de l'eau: Modélisation et analyse des données UV de SPICAM. 2007. PhDThesis. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.

[9]SOW, Idrissa. Partitionnement et geocasting dans les réseaux mobiles Ad Hoc et collecte des données dans les réseaux de capteurs sans fil. 2009. PhDThesis. Amiens.

[10]ellipeses ,l'architecteur des tcp/ip et collecte des cours et exercices .2006.jacques philipp

[11]Dr.MOUAD. Coure Réseaux sans fils et Réseaux mobile ,Master systèmes de Télécommunications ,Université d'Ouargla ,2018-2019.

[12] PETIT, R.; MAYSTRE, D. Application des lois de l'électromagnétisme, à l'étude des réseaux. Revue de Physique Appliquée, 1972, 7.4: 427-441

[13] .PETIT, Roger. Ondes électromagnétiques en radio électricité tenoptique. Paris: Masson, 1989.

[14]<http://www.cea.fr/comprendre/pages/physique-chimie/essentiel-sur-ondes-electromagnetique>.

Référence et Bibliographies

[15] Alexander Boyer .coure antennes &outils et modeles pour la Transmission, 4ème Année Informatique et Réseaux, institute national des science appliqués de toulouse,2018.

[16]T.P.Electronique, "TP N° 9 MESURE D'ANTENNES, "pp. 1-9.

[17]http://www.alexandreboyer.fr/alex/enseignement/Aide_logiciel_FEKO_octobre2014.pdf.

[18] Help de logiciel FEKO.

[19] FEKO tutorial .YouTube.

Référence et Bibliographies

Dans le cadre de l'étude de l'effet des facteurs climatiques sur la communication sans fil, nous avons réalisé ce travail, où nous nous sommes basées beaucoup plus sur l'effet du vent sur un signal électromagnétique, notre résultat montre que l'effet du vent sur la puissance du signal électromagnétique est très claire, quelques solutions liées à la conception de l'antenne de réception a été présenté, pour réduire les pertes d'énergie. Dans cette étude, le programme Altair-Feko a été utilisé sous licence officielle avec un petit programme élaboré par langage Fortran. Les résultats ont également montré que la pression et la température avaient une très petite influence sur l'énergie de propagation des ondes électromagnétiques.

Les mots clés: les facteurs climatiques, les ondes électromagnétiques, les antennes, Altair-Feko

في إطار دراسة تأثير العوامل المناخية على الاتصالات اللاسلكية ، قمنا بتنفيذ هذا العمل ، حيث اعتمدنا بشكل كبير على تأثير الرياح على الإشارة الكهرومغناطيسية ، أظهرت نتائجنا أن تأثير الرياح على قوة الإشارة الكهرومغناطيسية واضح جدًا ، وقد تم تقديم بعض الحلول المتعلقة بتصميم هوائي الاستقبال لتقليل فقد الطاقة . في هذه الدراسة ، تم استخدام برنامج Altair-Feko بموجب ترخيص رسمي مع برنامج صغير تم تطويره بواسطة لغة Fortran. أظهرت النتائج أيضًا أن الضغط ودرجة الحرارة لهما تأثير ضئيل جدًا على طاقة الانتشار للموجات الكهرومغناطيسية.

الكلمات المفتاحية: العوامل المناخية، الأمواج الكهرومغناطيسية ، ، الهوائيات، برنامج Altair-feko

In context of the study of the effect of climatic factors on wireless communication, we carried out this work, where we relied much more on the effect of wind on an electromagnetic signal, our result shows that the wind effect on the electromagnetic signal strength is very clear, some solutions related to the design of the receiving antenna has been presented, to reduce energy loss. In this study, the Altair-Feko program was used under official license with a small program developed by the Fortran language. The results also showed that pressure and temperature had very little influence on the energy propagating of electromagnetic waves.

Keywords: climatic factors, electromagnetic signal ,antenna ,the Altair-feko program