

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université SAAD DAHLEB- BLIDA 1
Institut d'Aéronautique et des Etudes spatiale
Département télécommunication spatiale



Mémoire

Pour l'obtention d'un diplôme de Master en Aeronautique.

Option : télécommunication spatiale

Thème

Automatisation d'intégration des nœuds en réseaux mobiles.

Organisme d'accueil : Ericsson.

Réalisé par :
Medjani Aymene.

Encadré par :
M.HASSANI Khaled.
M.Azmedroub Boussad.

Dédicace

Je remercie tout d'abord Allah le tout puissant de m'avoir permis de réaliser ce travail.

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère.

A ma chère sœur et mon frère qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A ma grands-mères, mes oncles et mes tantes. Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tous les cousins, les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant.

Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

AYMENE

Remerciements

Au terme de ce projet de fin d'étude, je souhaite adresser mon remerciement les plus considérables aux personnes qui sans leurs interventions se travaillera n'aura pas vu le jour.

Mon reconnaissance se destine à Mr azmedroub pour son aide et ses précieux conseils au cours de la réalisation de ce mémoire et l'intérêt qu'il a toujours témoigné à l'égard de notre travail, qu'elle trouve ici l'expression de notre gratitude.

Je tiens tout particulièrement à remercier Mr azmedroub bousaad mon encadreur de stage, pour toutes les informations qu'il m'a apporté, pour les conseils qu'il m'a donnés, pour son suivi, sa patience et son intérêt porté à ce travail.

Je remercie aussi Mr Khaled hassani notre encadreur de stage, pour sa disponibilité et son aide, pour tous les conseils avisés qu'il nous a donné, pour son intérêt ainsi que sa patience.

Mes remerciements s'adressent également à toute l'équipe Ericsson Algérie, ce fût un plaisir de travailler avec eux.

Je remercie par avance les membres du jury, qui me font l'honneur d'évaluer notre travail.

Mon gratitude se destine également à tous les enseignants du Département aéronautique et des études spatiales, département étude spatiales télécommunications qui ont contribué à notre formation, à notre suivi durant notre passage.

Table de contenu

I.	table de contenu.....	4
II.	Introduction Générale	13
I.	Introduction Generale :	15
II.	Définition d'un réseau mobile	15
1.	Définition	15
2.	Fonctionnement.....	15
3.	Avantages :	16
III.	Evolution des réseaux mobiles :	16
I.	2G (GSM et EDGE) :	16
II.	3G (UMTS) :	17
III.	4G (LTE) :	17
IV.	Technologies des réseaux mobiles :	18
1.	1ère génération (Analogique) :	18
2.	2ème génération (GSM) :	18
V.	Architecture d'un Réseau GSM :	18
	Station Mobile (MS) :	18
	Base Tranceiver Station (BTS) :	18
	Centre de Commutation Mobile (MSC) :	19
	Gateway MSC (GMSC) :	19
VI.	Fonctionnement d'un Réseau GSM :	19
1.	Enregistrement et Authentification :	19
2.	Établissement de l'appel :	20
3.	Itinérance :	20
4.	Transmission de données :	20
III.	Réseau GPRS (2.5G) :	20
IV.	Architecture du réseau GPRS :	21
1.	Station de base (BTS - Base Transceiver Station) :	21
2.	Support GPRS de service (SGSN - Serving GPRS Support Node) :	21
3.	Base de données de localisation des abonnés (HLR - Home Location Register) :	21
4.	Centre d'authentification (AuC - Authentication Center) :	22
V.	Réseau EDGE (2.75G) :	22
VI.	La 3ème génération (3G) UMTS :	22
1.	Réseau UMTS :	22
2.	Technologie et Fréquences:	23

3. Améliorations des Terminaux:.....	23
VII. Architecture d'UMTS 3G :.....	23
Architecture du réseau 3G :.....	24
VIII. CDMA (Code Division Multiple Access):	24
IX. Réseau HSPA (3.5G) :.....	25
1. Evolution de la 3G vers la LTE :.....	25
XI. La 4ème génération (4G LTE) :	26
1. Fréquences.....	26
2. Antennes:	26
3. Points de concentration:	26
XII. Architecture 4G LTE :.....	26
E-UTRAN.....	26
XIII.	27
XIV. Figure1.5 : L'architecture du réseau LTE	27
XV.	28
XVI. Objectifs de la 4G LTE :.....	28
Haut débit mobile :	28
Latence réduite :	28
Meilleure qualité vocale et vidéo :	28
Capacité accrue :.....	28
Compatibilité avec les applications gourmandes en données :	28
XVII. La 5ème génération (5G) :.....	28
XVIII. Architecture de la 5G :	29
XIX. Conclusion :.....	30
XX. Introduction :	32
XXI. Architecture du site :	32
XXII. La partie radio:	33
1. Antenne sectorielle	33
Conversion de signaux :.....	33
XXIII. Remote Radio Unit (RRU) :	34
XXIV. Base Band (BB) :.....	35
Les supports d'équipements les pylônes et les mâts:	36
Les Pylônes :.....	36
Les mâts :.....	36
Les cabinets (Enclosure/RBS) :.....	37

La partie Transmission :	38
Transmission par micro ondes :	38
Transmission par Fibre Optique (OPTICAL FIBER transmission):	38
La partie POWER :	39
Power Supply Unit (PSU) :	39
Power Distribution Unit (PDU):	39
Circuit Breaker (Disjoncteur) :	40
Batteries :	40
XXV. L'automatisation dans les réseaux mobiles:	41
Définition :	41
Objectif :	41
XXVI. Enoncé de la problématique :	42
XXVII. Conclusion du chapitre :	42
XXVIII. Développement et déploiement de la solution	44
XXIX. Introduction:	44
1. Présentation d'organisme d'accueil :	44
2. Présentation de l'entreprise Ericsson :	45
XXX. Ericsson Algérie :	47
XXXI. Analyse des Besoins:	47
1. Définition des Besoins Fonctionnels et Non-Fonctionnels	48
i. Besoins Fonctionnels :	48
ii. Besoins Non-Fonctionnels :	48
XXXII. Architecture générale de la solution :	48
XXXIII. Organigramme générale de mon application :	49
Scénario :	49
Objectif :	50
XXXIV. Les outils utilisés :	50
Eclipse IDE :	50
Tomcat :	50
VMWARE :	50
MySQL :	50
Modèle MVC :	51
XXXV. Implémentation et Tests :	51
VM 1 et 2 Ubuntu Linux:	51
2.1 Configuration des Machines Virtuelles pour SFTP Sécurisé et Exécution de Scripts :	52

Préparation du Système :	52
2.1.2. Configuration du Serveur SFTP	53
Configurer le Daemon SSH pour SFTP :	54
Gestion des Utilisateurs et Sécurité :	55
Gestion des Fichiers et Scripts	57
XXXVI. 3. Développement de l'Application Web.....	57
Création du Schéma de la Base de Données :	58
Conception du Back-end :	59
Modèle :	59
- Classe ConnectToDb :	60
- Classe Crud :.....	60
- Classe Script :	60
-getXmlFiles:.....	60
XXXVII. Communication Entre Le Système et les Machines Virtuelles :	60
Processus de Communication :	60
XXXVIII. Scénarios de Test.....	61
Page de Connexion.....	61
Caractéristiques :.....	62
Fonctionnalité.....	62
Interaction avec la Page d'Accueil.....	62
Caractéristiques :.....	63
11. Interaction avec la Page d'Accueil :.....	63
Processus de Téléchargement et d'Intégration :.....	64
XXXIX. Conclusion :.....	69
XL. Conclusion Générale:.....	70
XLI. Bibliographie :.....	71

Liste des figures

FIGURE 1.1: Evolution des réseaux mobiles.

FIGURE 1.2 : GSM ARCHITECTURE.

FIGURE 1.3 : Architecture d'UMTS 3G.

FIGURE 1.4 : Le CDMA.

FIGURE 1.5 : L'architecture du réseau LTE.

FIGURE 1.6 : Architecture de la 5G.

FIGURE 2.1: SITE CELLULAIRE.

FIGURE 2.2: ANTENNE SECTORIELLE.

FIGURE 2.3: ANTENNE RRU ET BBU.

FIGURE 2.4 : ERICSSON BASEBAND 6630.

FIGURE 2.5 : PYLÔNE DE TÉLÉCOMMUNICATION

FIGURE 2.6 : MAT DE TELECOMMUNICATION.

FIGURE 2.7 : ERICSSON ENCLOSURE.

FIGURE 2.8 : cable fibre optique.

FIGURE 2.9 : POWER SUPPLY UNIT.

FIGURE 2.10 : POWER DISTRIBUTION UNIT.

Figure 2.11 : Batterie

FIGURE 2.12 : ARCHITECTURE D'UN SITE DE TELECOMMUNICATION.

FIGURE 3.1: Presence d'Ericsson dans le monde.

FIGURE 3.2 : Famille de produits d'ericsson.

FIGURE 3.3 : LES CARACTERISTIQUE DES 3 VMS.

FIGURE 3.4 : EMBLACEMENT DES FICHIERS RBS (SFTP SERVEUR)

FIGURE 3.5 : Conception de la base de données pour la gestion des utilisateurs.

FIGURE 3.6 : FORMULAIRE DE CONNEXION.

FIGURE 3.7 : PAGE D'ACCUEIL (INPUT)

FIGURE 3.8 : Admin add user.

FIGURE 3.9 : le fichier XML RBSSummary

FIGURE 3.10 : PAGE OUTPUTS.

Figure 3.11 : MESSAGE D'ERREUR DE SCRIPT 'DOWNLOAD.SH'

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : LES OUTILS ET LES PAQUETS UTILISES.

TABLEAU 2 : LES COMMANDES UTILISES POUR LA CONFIGURATION 1.

TABLEAU 3 : LES COMMANDES UTILISES POUR LA CONFIGURATION 2.

TABLEAU 4 : LES COMMANDES UTILISES POUR LA CONFIGURATIONS 3.

TABLEAU 5 : LES COMMANDES UTILISES POUR LA CONFIGURATIONS 4.

Abstract :

This thesis addresses the integration of Baseband nodes in mobile networks, highlighting the current methods and associated challenges. The initial part introduces the context of telecommunications networks and the importance of Baseband nodes for radio signal management. Subsequently, it explores the technologies and equipment used, particularly those from Ericsson, as well as traditional and emerging integration methods. Then, the different integration methods - manual, via a Local Maintenance Terminal (LMT), and Zero Touch - are presented in detail, with an analysis of their respective advantages and disadvantages.

The implementation and testing of the web application developed to facilitate the integration of Baseband units are then discussed. This application uses an MVC (Model-ViewController) architecture to ensure a clear separation of the different software layers, thus promoting maintenance and scalability. Test scenarios were designed to validate all functionalities, focusing on robustness, security, and performance. The test results show that the application meets the defined requirements while identifying potential areas for improvement in future iterations.

Keywords: mobile networks, Baseband nodes, manual integration, Local Maintenance Terminal (LMT), Zero Touch, MVC architecture, performance tests.

Résumé

Ce mémoire examine l'intégration des nœuds Baseband dans les réseaux mobiles, en mettant en lumière les méthodes actuelles et les défis associés. La première partie présente le contexte des réseaux de télécommunications et souligne l'importance des nœuds Baseband dans la gestion des signaux radio. Ensuite, les technologies et équipements utilisés, notamment ceux d'Ericsson, ainsi que les méthodes d'intégration traditionnelles et émergentes, sont explorés. Les différentes méthodes d'intégration - manuelle, via un Terminal de Maintenance Locale (LMT) et Zero Touch - sont ensuite détaillées, avec une analyse de leurs avantages et inconvénients respectifs.

L'implémentation et les tests de l'application web développée pour faciliter l'intégration des unités Baseband sont ensuite discutés. Cette application utilise une architecture MVC (ModelView-Controller) pour garantir une séparation claire des différentes couches logicielles, favorisant ainsi la maintenance et l'évolutivité. Des scénarios de tests ont été élaborés pour valider l'ensemble des fonctionnalités, mettant l'accent sur la robustesse, la sécurité et la performance. Les résultats des tests montrent que l'application répond aux exigences définies, tout en identifiant des domaines potentiels d'amélioration pour les futures itérations. Mots-clés : réseaux mobiles, nœuds Baseband, intégration manuelle, Terminal de Maintenance Locale (LMT), Zero Touch, architecture MVC, tests de performance.

Mots-clés : réseaux mobiles, nœuds Baseband, intégration manuelle, Terminal de Maintenance Locale (LMT), Zero Touch, architecture MVC, tests de performance.

Introduction Générale

Au cours des dernières décennies, les technologies des réseaux mobiles ont connu une évolution spectaculaire. Depuis les premiers réseaux analogiques de première génération (1G) jusqu'aux réseaux actuels de cinquième génération (5G), chaque nouvelle itération a apporté des améliorations significatives en termes de vitesse, de capacité, de latence et de connectivité globale. Cette progression a permis une expansion exponentielle des services mobiles, facilitant la communication, le commerce, et même des innovations technologiques telles que l'Internet des objets (IoT) et la réalité augmentée.

Dans ce contexte de croissance rapide, l'intégration des nœuds constitue une composante cruciale des réseaux de télécommunications. Un nœud, qui peut être une station de base, un routeur ou tout autre équipement de réseau, doit être correctement intégré et configuré pour garantir une performance optimale du réseau. Cette intégration implique la mise en place de matériel, de logiciels et de configurations spécifiques pour assurer une connectivité fluide et un service ininterrompu aux utilisateurs finaux.

Avant l'avènement de l'automatisation, l'intégration des nœuds dans un réseau mobile était une tâche complexe et chronophage, souvent réalisée manuellement par des techniciens spécialisés. Cette approche manuelle était non seulement sujette à des erreurs humaines, mais elle entraînait également des délais considérables et des coûts élevés. Les erreurs de configuration pouvaient entraîner des pannes de réseau, des performances dégradées et une insatisfaction des utilisateurs. De plus, la gestion de la croissance exponentielle du nombre de nœuds dans les réseaux modernes devenait de plus en plus difficile à soutenir avec des méthodes traditionnelles.

Ce travail vise à résoudre les problèmes inhérents à l'intégration manuelle des nœuds en introduisant des solutions d'automatisation. En automatisant ce processus, nous pouvons réduire considérablement les erreurs humaines, améliorer l'efficacité et la rapidité d'intégration, et réduire les coûts opérationnels. L'automatisation permet également une meilleure gestion des ressources réseau, une surveillance proactive et une optimisation continue des performances. En fin de compte, ce projet contribuera à créer des réseaux mobiles plus robustes, fiables et capables de répondre aux besoins croissants des utilisateurs modernes.

Chapitre I

Généralités sur les réseaux mobiles

Introduction Generale : .I

Les réseaux mobiles sont essentiels dans notre ère numérique, fournissant une connectivité sans fil fluide et omniprésente. Basés sur une architecture de couverture cellulaire, ces réseaux permettent aux utilisateurs de communiquer et d'accéder à des services partout. Leurs avantages comprennent la mobilité sans interruption, la flexibilité d'accès et l'évolutivité. De la 2G à la 5G, chaque génération a enrichi l'expérience utilisateur et ouvert de nouveaux horizons. Ce chapitre explore ces réseaux, leur évolution et leurs perspectives futures.

II. Définition d'un réseau mobile

1. Définition

Un système de communication sans fil qui permet aux utilisateurs de communiquer entre eux et d'accéder à des services d'information, quel que soit leur emplacement géographique, dans une zone de couverture définie.

2. Fonctionnement

Couverture cellulaire: Le réseau est divisé en petites zones géographiques appelées cellules. Chaque cellule est desservie par une antenne-relais qui transmet et reçoit des signaux radio.

Communication mobile: Les appareils mobiles, comme les téléphones portables, se connectent à l'antenne-relais la plus proche. La communication est ensuite acheminée vers le destinataire via le réseau commuté ou le réseau IP.

Mobilité: Le réseau permet aux utilisateurs de se déplacer entre les cellules sans interruption de service. Le processus de transfert d'une cellule à l'autre est appelé "Handover".

3. Avantages :

Mobilité:

- La mobilité est l'un des avantages clés des réseaux mobiles. Elle permet aux utilisateurs de communiquer en déplacement, que ce soit en voiture, en train ou à pied.
- Grâce aux antennes-relais réparties sur tout le territoire, vous pouvez poursuivre une communication sans interruption, même lorsque vous changez de cellule (zone couverte par une antenne).

Flexibilité:

- Les réseaux mobiles offrent une grande flexibilité. Vous pouvez accéder aux services de téléphonie et de données partout dans la zone de couverture.
- Que vous soyez en ville, à la campagne ou en déplacement, votre smartphone reste connecté.

Évolutivité:

Les réseaux mobiles sont conçus pour prendre en charge un grand nombre d'utilisateurs simultanément.

Que ce soit lors d'événements publics, de festivals ou dans des zones densément peuplées, les réseaux mobiles s'adaptent à la demande.[]

Evolution des réseaux mobiles : .III

I. 2G (GSM et EDGE) :

- La 2G, également connue sous le nom de GSM (Global System for Mobile Communications), a été introduite au début des années 1990.
- Elle a permis des communications vocales numériques et a introduit le SMS (Short Message Service). [4]

II. 3G (UMTS) :

- La 3G, ou UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), est apparue vers l'an 2000.
- Elle a offert un accès Internet léger, permettant le partage de médias dans les réseaux sociaux et d'autres usages.

III.4G (LTE) :

- La 4G, ou LTE (Long Term Evolution), est la technologie la plus répandue actuellement.
- Elle offre des débits jusqu'à 6 fois supérieurs à la H+ dans sa déclinaison la plus moderne (4G+).⁷
- Les fréquences utilisées sont 2600 MHz, 1800 MHz, 700 MHz et 800 MHz.

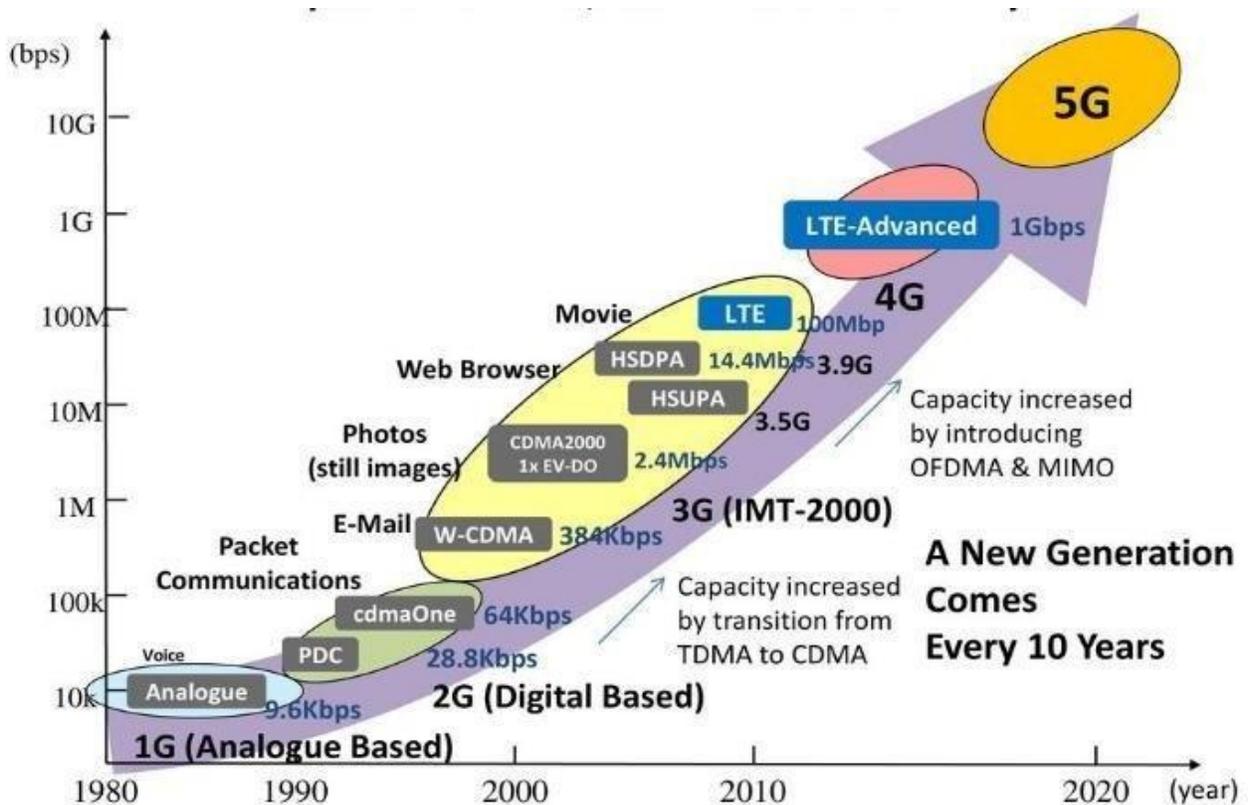


Figure 1.1 : Evolution des réseaux mobiles

Technologies des réseaux mobiles : .IV

1. 1ère génération (Analogique) :

- La première génération de communication mobile était basée sur le système analogique.
- Les systèmes populaires de cette époque comprenaient AMPS aux États-Unis, NMT en Europe et TACS.
- Ces systèmes utilisaient la modulation de fréquence pour les signaux vocaux.

2. 2ème génération (GSM) :

- La technologie 2G a été introduite à la fin des années 1980.
- Elle a remplacé les systèmes analogiques par des techniques d'accès numérique, notamment le TDMA (Time Division Multiple Access) et le CDMA (Code Division Multiple Access).
- Le CDMA utilise la technologie à spectre étalé pour permettre des transmissions multiples sur un seul signal sans fil, offrant ainsi des appels sans interférence pour l'utilisateur. [6]

Architecture d'un Réseau GSM : .V

Station Mobile (MS) :

- La Mobile Station (MS) est composée du Mobile Equipment (le terminal GSM) et du Subscriber Identity Module (SIM). [7]

Base Tranceiver Station (BTS) :

- La BTS est équipée d'antennes, d'amplificateurs et de composants pour le traitement des signaux et des protocoles.
- Elle assure le codage de protection contre les erreurs et la signalisation sur la voie radio. [8]

Centre de Commutation Mobile (MSC) :

Il prend en compte l'allocation et l'administration des ressources radio et la mobilité des utilisateurs.

Gateway MSC (GMSC) :

- Les appels provenant ou aboutissant dans le réseau fixe sont traités par un GMSC dédié.
[9]

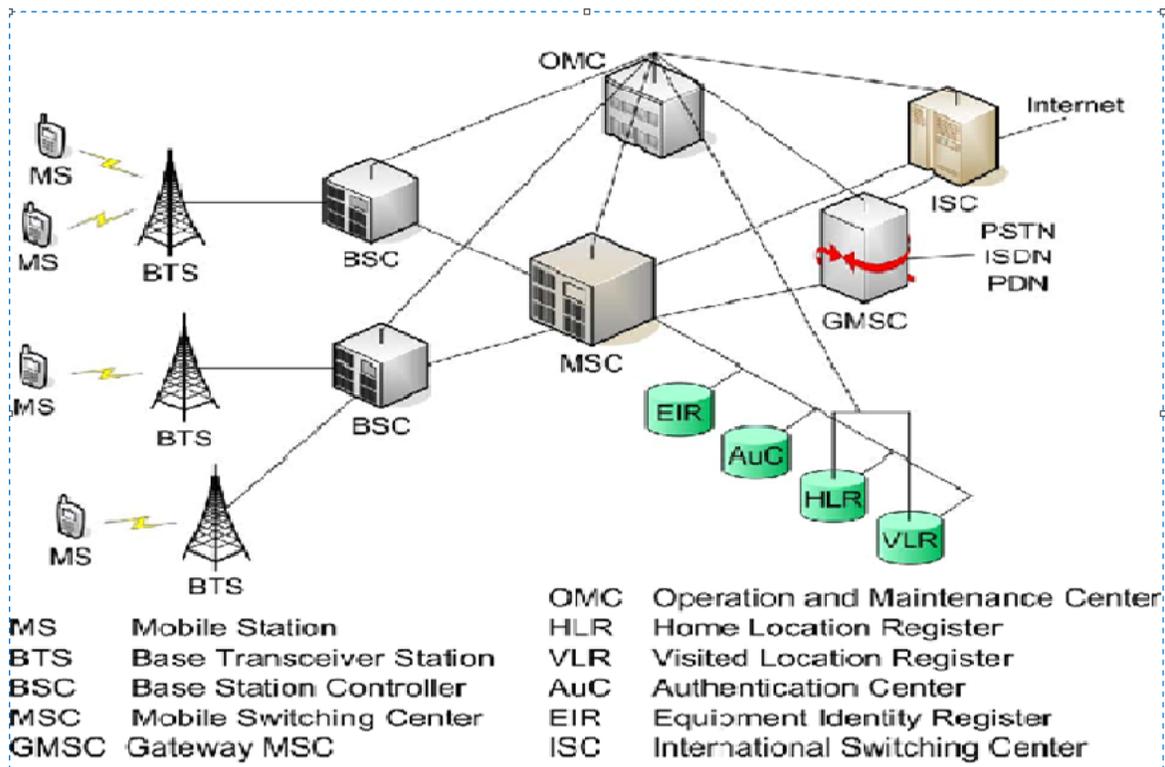


Figure 1.2: GSM ARCHITECTURE

Fonctionnement d'un Réseau GSM : .VI

1. Enregistrement et Authentification :

- Lorsque le téléphone mobile est allumé, il recherche une cellule BTS disponible. Une fois trouvé, il envoie une requête d'enregistrement au BSC via le BTS. Le BSC transmet cette requête au MSC, qui consulte le HLR pour vérifier les

informations de l'abonné. Le AuC vérifie ensuite l'authenticité de l'abonné à l'aide de clés d'authentification.

2. Établissement de l'appel :

- Lorsqu'un utilisateur initie un appel, le téléphone envoie une demande au BTS, qui la transmet au BSC. Le BSC transfère la demande au MSC, qui établit la connexion avec le téléphone du destinataire via le réseau de commutation.

3. Itinérance :

- Lorsqu'un abonné se déplace, le téléphone mobile passe d'une cellule BTS à une autre. Le MSC et le VLR gèrent cette mobilité en mettant à jour la localisation de l'abonné dans le réseau. Si l'abonné se déplace dans une zone couverte par un autre MSC, le HLR est mis à jour pour refléter le nouveau MSC et VLR responsables.

4. Transmission de données :

- Le GSM permet également la transmission de données, bien que les débits soient limités par rapport aux normes plus récentes comme 3G, 4G ou 5G. Les données peuvent être transmises via des canaux dédiés (CSD - Circuit Switched Data) ou des canaux partagés (GPRS - General Packet Radio Service). [10]

Réseau GPRS (2.5G) :

Le General Packet Radio Service (GPRS) est une norme de téléphonie mobile dérivée du GSM (Global System for Mobile Communications) et complémentaire à celui-ci. On le qualifie souvent de 2,5G ou 2G+.[11]

Voici quelques détails supplémentaires sur le GPRS :

1. Débit :

- Le débit de chaque TS est déterminé par le mode de codage (coding scheme) (CS), qui caractérise la qualité de la transmission radio.

Par exemple :

- CS1 = 9,05 kbit/s (équivalent du GSM « voix »)
- CS2 = 13,4 kbit/s
- CS3 = 15,6 kbit/s
- CS4 = 21,4 kbit/s (cas optimal du mobile à l'arrêt, au pied de l'antenne et seul dans le secteur couvert par l'antenne). [12]

Architecture du réseau GPRS :

L'architecture du réseau GPRS s'appuie sur l'infrastructure GSM existante, mais ajoute des composants spécifiques pour gérer les données par paquets.

Voici les principaux éléments :

1. Station de base (BTS - Base Transceiver Station) :

- Utilisée pour la communication radio avec les téléphones mobiles, comme dans le réseau GSM.

2. Support GPRS de service (SGSN - Serving GPRS Support Node) :

- Le SGSN gère les sessions de données, assure l'authentification et la mobilité des utilisateurs GPRS au sein de son réseau de desserte.

3. Base de données de localisation des abonnés (HLR - Home Location Register) :

- Contient des informations sur les abonnés, y compris leur statut GPRS et les services auxquels ils ont souscrit.

4. Centre d'authentification (AuC - Authentication Center) :

- Stocke les clés d'authentification et les algorithmes nécessaires pour vérifier l'identité des abonnés et sécuriser les communications. [13]

Réseau EDGE (2.75G) :

Le EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution) est une évolution du standard GSM (Global System for Mobile Communications) qui a été introduite pour améliorer les débits de données. Voici quelques détails supplémentaires sur le réseau EDGE :

- **Modulation et Débit :**

- Le débit théorique maximal en EDGE est de 384 kbit/s pour les stations fixes (piétons et véhicules lents) et de 144 kbit/s pour les stations mobiles (véhicules rapides).

- **Couverture :**

- L'EDGE offre une couverture plus réduite que le GSM, mais il permet d'atteindre des débits plus élevés.[14]

La 3ème génération (3G) UMTS :

Apparue dans les années 2000, la troisième génération (3G) désigne une génération de normes de téléphonie mobile qui représente principalement les normes UMTS et CDMA2000, permettant des débits de 2 à 42 Mb/s définis par la dernière génération des réseaux UMTS : l'HSPA+ DC ; qui sont bien plus rapides que les générations précédentes. [15]

1. Réseau UMTS :

L'Universal Mobile Telecommunications System (UMTS), également appelé 3G, est l'une des technologies de téléphonie mobile de troisième génération.

Voici quelques détails supplémentaires sur l'UMTS :

2. Technologie et Fréquences:

- Cette technologie permet un accès multiple à large bande en étalant le spectre des signaux.
- La bande de fréquence de fonctionnement de l'UMTS est généralement comprise entre **1900 MHz** et **2000 MHz**.

3. Améliorations des Terminaux:

- Pour profiter pleinement de la connexion haut débit de l'UMTS, les terminaux tels que les smartphones et les tablettes ont dû être améliorés. Cela a permis aux utilisateurs de bénéficier d'une expérience plus confortable lors de l'utilisation de services gourmands en données.

Architecture d'UMTS 3G :

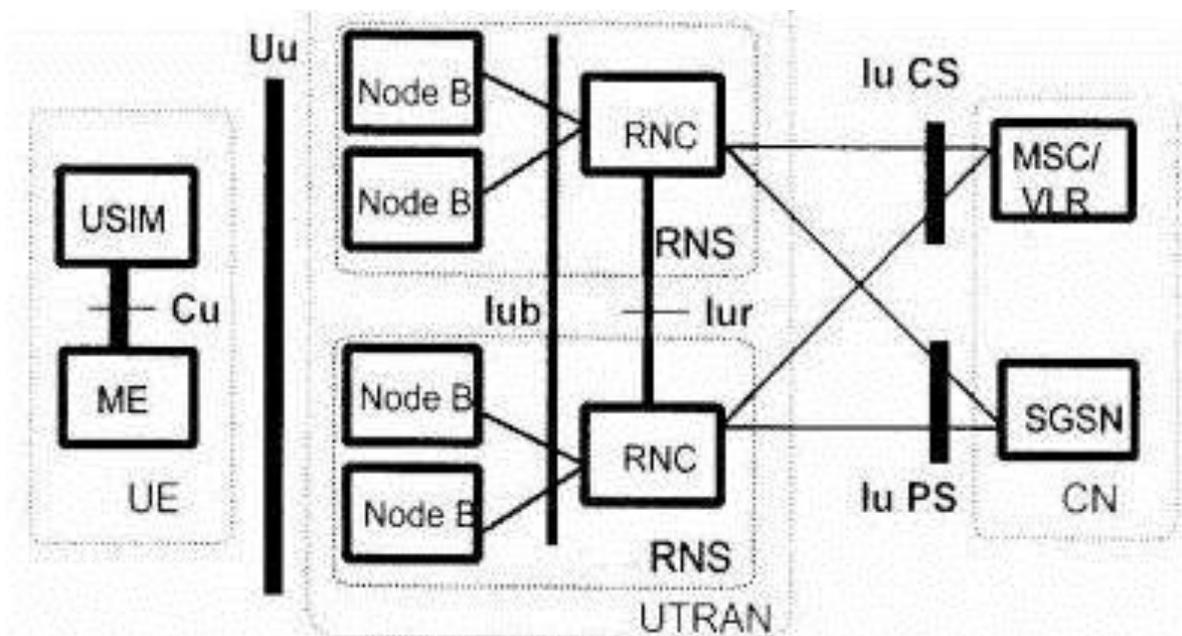


Figure1.3 : Architecture d'UMTS 3G

Architecture du réseau 3G :

- **Node B (Station de base) :**
 - C'est l'antenne qui communique directement avec les téléphones mobiles.
- **RNC (Radio Network Controller) :**
 - Il contrôle plusieurs Node B et gère les connexions et les transferts de données entre eux.
- **Core Network (Noyau du réseau) :**
 - Composé de plusieurs éléments comme le SGSN (pour gérer les sessions de données) et le GGSN (pour se connecter à Internet).

CDMA (Code Division Multiple Access):

Le CDMA (Code Division Multiple Access) est une technologie de communication mobile qui permet à plusieurs utilisateurs de partager le même canal de communication en utilisant des codes uniques.

Les caractéristiques du CDMA incluent :

- **Capacité accrue :**
 - Permet à plus d'utilisateurs de se connecter en même temps.
- **Utilisation complète du spectre :**
 - Tous les utilisateurs partagent l'ensemble des fréquences disponibles.
- **Utilisation de la même fréquence :**
 - Toutes les zones peuvent utiliser les mêmes fréquences, ce qui simplifie la gestion du réseau.
- **Capacité souple :**
 - Peut accueillir un nombre flexible d'utilisateurs, mais la performance peut diminuer si trop d'utilisateurs se connectent en même temps.

En résumé, le CDMA permet à de nombreux utilisateurs de partager les mêmes fréquences en utilisant des codes uniques, ce qui augmente la capacité et la flexibilité du réseau tout en maintenant la qualité des communications.

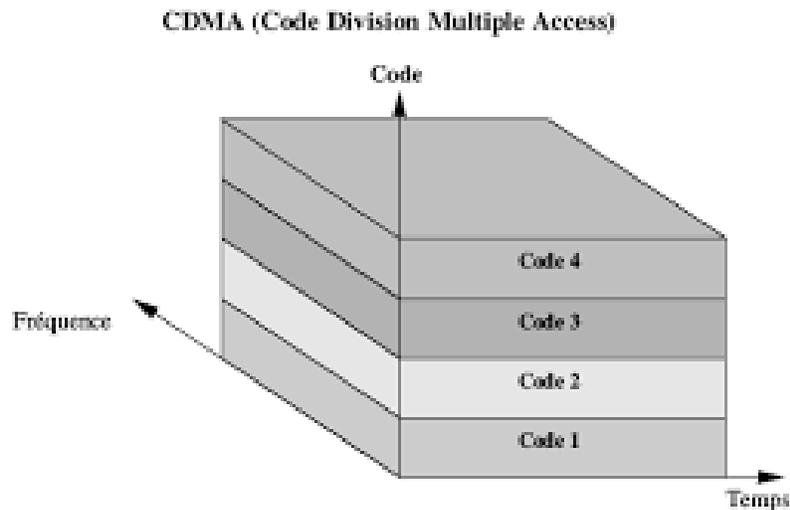


Figure1.4 : Le CDMA

Réseau HSPA (3.5G) :

Le HSPA (High Speed Packet Access) est une évolution des technologies GSM, définie par le 3GPP comme la troisième génération et demi (3.5G).

Il peut théoriquement atteindre des vitesses de 1,8 à 14 Mbps, grâce à un nouveau schéma de modulation. la vitesse réelle pour les utilisateurs dépend largement de la largeur de bande du spectre de fréquences allouée à chaque opérateur cellulaire. [18]

1. Evolution de la 3G vers la LTE :

La 3G UMTS est utilisée dans le monde entier. Pour rester compétitive, le 3GPP a commencé en novembre 2004 à développer les spécifications pour les réseaux LTE, une amélioration de l'UMTS. [19]

La 4ème génération (4G LTE) :

Nouveau réseau d'accès La 4G utilise le réseau LTE, nécessitant de nouvelles bandes de fréquences, antennes et points de concentration.

1. Fréquences

- **2600 MHz (2,6 GHz):** Large bande pour zones denses (canal 7).
- **800 MHz:** Bande pour zones étendues (canal 20).
- **700 MHz:** Provenant de la TNT (canal 28).
- **1800 MHz:** Provenant de la 2G (canal 3).

2. Antennes:

- Nouvelles antennes e-Node B pour le LTE.
- Mutualisation possible des sites existants pour émettre 2G, 3G et 4G avec une seule antenne.

3. Points de concentration:

- La 4G simplifie l'architecture en reliant directement les antennes e-Node B au réseau cœur, sans intermédiaire.

Architecture 4G LTE :

Le réseau LTE a deux composants principaux : l'E-UTRAN (réseau d'accès radio) et l'EPC (noyau du réseau).

E-UTRAN

- Fournit la connectivité radio pour les équipements utilisateurs (UE).
- Utilise OFDMA pour la liaison descendante et SC-FDMA pour la liaison montante.
- Composé d'un seul nœud : l'eNodeB.

EPC

- Comprend plusieurs entités :
 - **P-GW** : Connecte le réseau interne à l'Internet externe, attribue des adresses IP et filtre les paquets.
 - **S-GW** : Point d'ancrage de mobilité pour les UE, stocke temporairement les paquets en mode RRC_IDLE.
 - **HSS** : Gère les informations d'abonnement et de sécurité des utilisateurs.
 - **MME** : Gère les signaux avec les UE, suit leur position et assure la sécurité. [23]

Le réseau LTE est composé de l'E-UTRAN (accès radio) et de l'EPC (noyau du réseau) pour offrir des débits élevés et une faible latence.

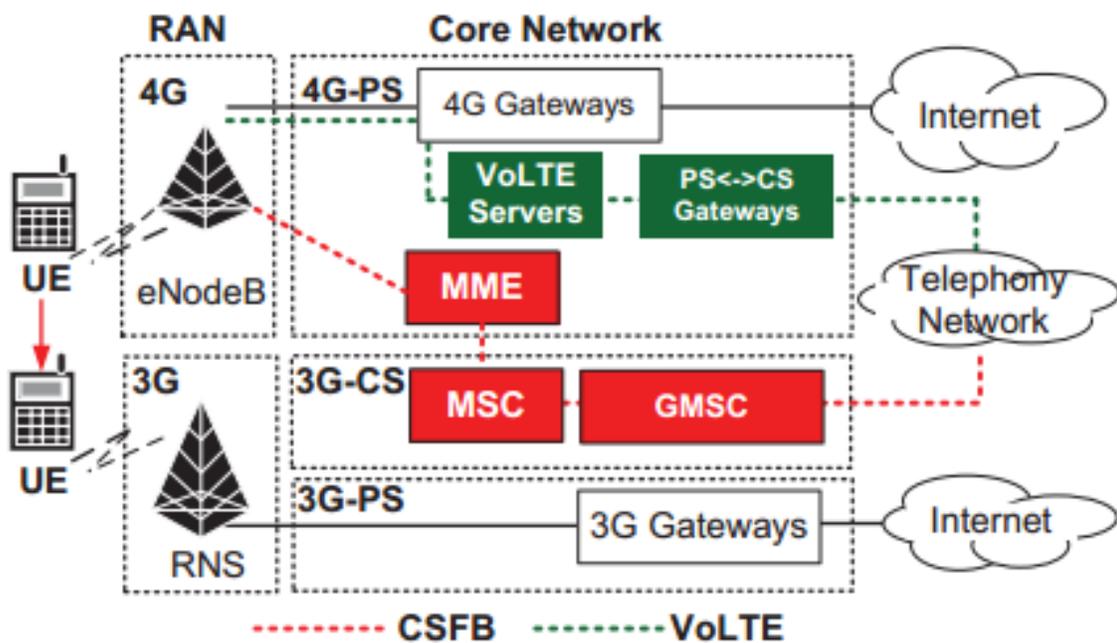


Figure1.5 : L'architecture du réseau LTE

Objectifs de la 4G LTE :

Haut débit mobile :

- La 4G vise à fournir des débits de données beaucoup plus rapides que les générations précédentes (2G et 3G). Cela permet aux utilisateurs de télécharger et de téléverser des fichiers plus rapidement, de regarder des vidéos en streaming sans mise en mémoire tampon et d'utiliser des applications gourmandes en données sans ralentissement.
-

Latence réduite :

- La latence est le temps de réponse entre l'envoi d'une requête et la réception de la réponse. La 4G réduit considérablement la latence par rapport à la 3G, ce qui est essentiel pour les applications en temps réel telles que la visioconférence, les jeux en ligne et les appels vidéo.

Meilleure qualité vocale et vidéo :

- La 4G améliore la qualité des appels vocaux et vidéo. Les appels sont plus clairs et les vidéos ont une meilleure résolution.

Capacité accrue :

- La 4G peut gérer un plus grand nombre d'utilisateurs simultanément, ce qui est essentiel dans les zones densément peuplées et lors d'événements majeurs.

Compatibilité avec les applications gourmandes en données :

- La 4G prend en charge des applications telles que la réalité virtuelle (VR), la réalité augmentée (AR) et les objets connectés (IoT) qui nécessitent des débits élevés et une faible latence.

La 5ème génération (5G) :

La 5G est la cinquième génération de réseaux cellulaires, jusqu'à 100 fois plus rapide que la

4G. Elle offre des vitesses de connectivité plus rapides, une latence ultra-faible et une bande passante plus large. Ces améliorations transforment les industries et améliorent les expériences quotidiennes, permettant des services comme la e-santé, les véhicules connectés, les systèmes de gestion de la circulation et le cloud gaming sur mobile. La 5G contribue à un avenir plus intelligent, sûr et durable.

Architecture de la 5G :

L'architecture de la 5G, appelée Service-Based Architecture (SBA), comprend plusieurs fonctions réseau :

- **AMF (Access and Mobility Management Function)** : Contrôle d'accès, enregistrement et gestion de la mobilité.
- **UPF (User Plane Function)** : Traite, route et transfère les paquets, Connecte le réseau de données.
- **PCF (Policy Control Function)** : Gère les politiques réseau.
- **UDM (Unified Data Management)** : Gère l'identification des utilisateurs, les informations d'authentification, les SMS et les abonnements.
- **AUSF (Authentication Server Function)** : Assure l'authentification.
- **NSSF (Network Slice Selection Function)** : Sélectionne la tranche réseau pour l'UE.
- **AF (Application Function)** : Fournit des services applicatifs.
- **DN (Data Network)** : Fournit la connectivité réseau.
- **RAN (Radio Access Network)** : Aussi appelé Next Generation RAN (NG-RAN), assure la connectivité radio.
- **UE (User Equipment)** : Les appareils des utilisateurs.

L'architecture 5G (SBA) comprend des fonctions pour gérer l'accès, la mobilité, les sessions, l'authentification, les politiques réseau et la connectivité radio et utilisateur.

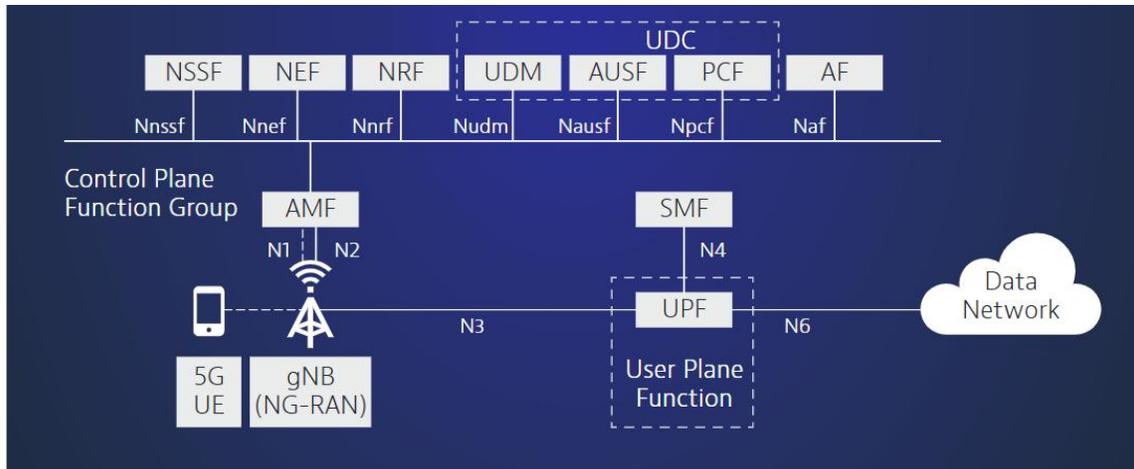


Figure 1.6: Architecture de la 5G

Conclusion :

Les réseaux mobiles ont considérablement évolué depuis les premiers systèmes analogiques jusqu'aux technologies numériques avancées de la cinquième génération. Chaque génération a apporté des améliorations notables en termes de capacité, de débit et de fonctionnalités, ouvrant la voie à de nouveaux usages et à une connectivité omniprésente. Cette progression répond à la demande croissante pour des communications rapides et fiables, tout en s'adaptant aux besoins diversifiés des utilisateurs. L'évolution vers la 5G illustre notre aspiration à une connectivité encore plus intégrée et à des services innovants, promettant de transformer notre manière de vivre et de travailler. Cela montre clairement que les réseaux mobiles continueront à jouer un rôle crucial dans notre société, en soutenant des technologies émergentes et en facilitant une communication efficace et sans fil.

Chapitre II :

Architecture du site

Introduction :

Avec l'émergence de la connectivité sans fil, les réseaux de téléphonie mobile occupent une place cruciale dans notre quotidien en nous permettant de communiquer et d'accéder à une variété de services. Pour mieux appréhender le fonctionnement et la structure de ces réseaux, il est indispensable d'approfondir notre compréhension des composants des sites cellulaires. Dans ce chapitre, nous examinerons en détail les éléments clés de l'infrastructure des réseaux mobiles, les classant en trois catégories : la radio, la transmission et l'alimentation. Nous explorerons en profondeur chaque composant, mettant l'accent sur les équipements facilitant la transmission des signaux, le transport efficace des données et la fourniture d'une alimentation fiable. De plus, nous aborderons l'essor de l'automatisation dans le domaine des télécommunications, un aspect vital pour optimiser les opérations et atteindre des objectifs ambitieux, notamment dans les réseaux mobiles.



FIGURE 1.1: SITE CELLULAIRE

Architecture du site :

Les réseaux de téléphonie mobile se basent sur les sites cellulaires, constitués d'antennes et d'autres équipements essentiels pour transmettre et recevoir des signaux radio. Ces sites sont stratégiquement répartis et interconnectés pour couvrir efficacement une zone géographique donnée.

La partie radio:

1. Antenne sectorielle :

Une antenne est un dispositif qui convertit les signaux électriques en ondes radio et vice versa.

Voici les points clés :

Conversion de signaux :

- **Émission** : Transforme le courant électrique en ondes électromagnétiques pour les envoyer dans l'air.
 - **Réception** : Capte les ondes électromagnétiques de l'air et les convertit en courant électrique.
- **Utilisation en émission et réception :**
 - Les antennes fonctionnent de la même manière pour envoyer et recevoir des signaux grâce au principe de réciprocité.



FIGURE 2.2: ANTENNE SECTORIELLE

Remote Radio Unit (RRU) :

Les Unités Radio à Distance (RRU) envoient et reçoivent des données radio pour la communication mobile. Elles travaillent avec une Unité Numérique pour convertir les codes radio en codes numériques, ainsi qu'avec une antenne pour transmettre ces données. Les RRU peuvent aussi utiliser des Mini Links pour transmettre des données sans fil entre les stations de communication, bien que des câbles puissent aussi être utilisés.

Les RRU envoient et reçoivent des données radio, travaillant avec des unités numériques et des antennes, et peuvent être intégrées dans des stations de base pour la communication mobile.

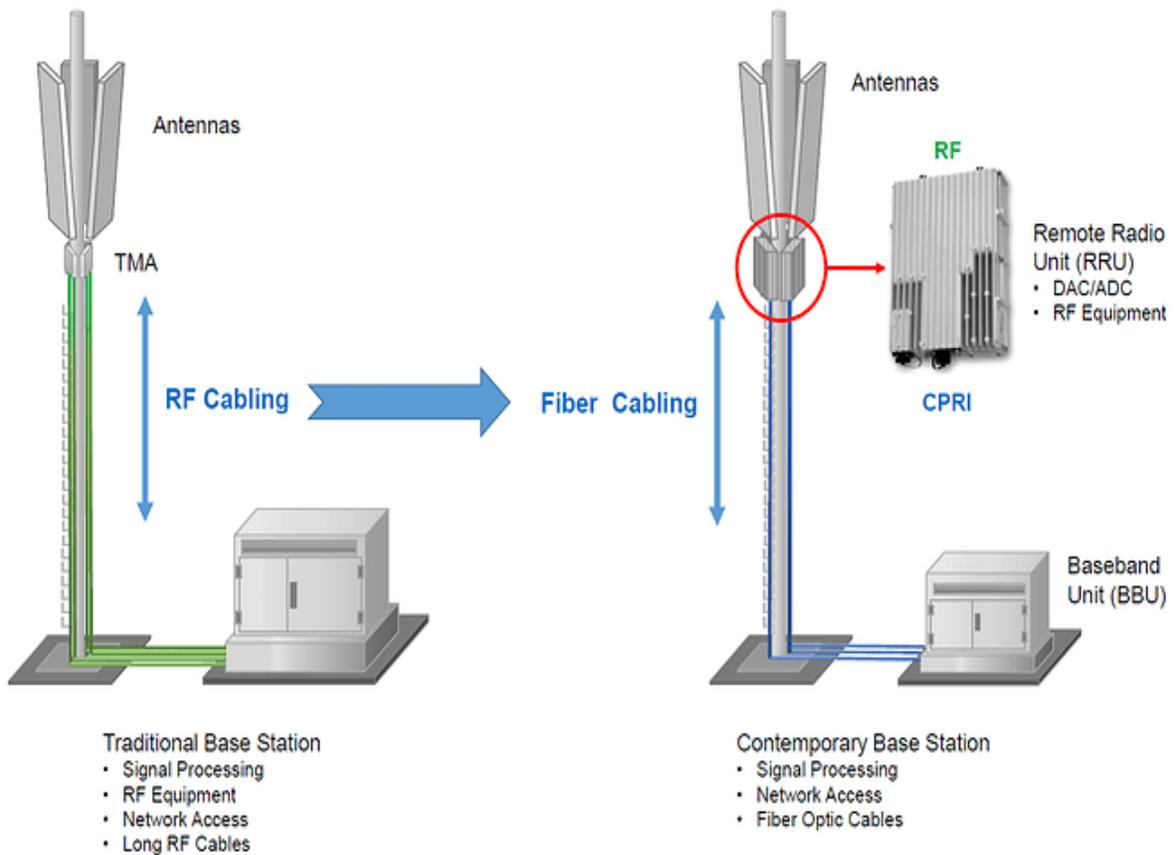


FIGURE 2.3 : ANTENNE RRU ET BBU

Les supports d'équipements les pylônes et les mâts:

Les Pylônes :

Les pylônes de télécommunication, aussi appelés pylônes treillis ou charpentes métalliques, sont fabriqués par des entreprises spécialisées. Ils varient selon leur capacité portante et leur lieu d'installation, comme sur des bâtiments ou sur terrain naturel.

Ces structures sont conçues comme des barres ou poutres discrètes et leur calcul utilise des techniques avancées comme la méthode des éléments finis, accélérant ainsi les calculs sur des logiciels dédiés.



FIGURE 2.5: PYLONE DE TELECOMMUNICATION

Les mâts :

Les mâts de télécommunication, ou mâts d'antennes, sont des structures verticales qui supportent des équipements de communication sans fil comme des antennes et des dispositifs de transmission de signaux. Contrairement aux pylônes, ils sont de taille plus petite et sont fabriqués par des entreprises spécialisées. Ces mâts sont installés sur différents types de terrains pour étendre la couverture des réseaux cellulaires et assurer une connectivité fiable aux utilisateurs.



FIGURE 2.6: MAT DE TELECOMMUNICATION

Les cabinets (Enclosure/RBS) :

Le cabinet, également appelé Enclosure ou RBS, est une armoire polyvalente conçue pour les équipements de réseau radio qui supportent différentes normes. Robuste et flexible, il permet aux opérateurs de réseau d'installer un réseau radio personnalisé sur site en combinant baseband, alimentation électrique et liaison dans un seul endroit. Facile à installer avec des guides de câbles innovants et un design discret, il s'intègre harmonieusement dans n'importe quel environnement..



FIGURE 2.7: ERICSSON ENCLOSURE

La partie Transmission :

Transmission par micro ondes :

La transmission par micro-ondes est une méthode sans fil pour transférer des données entre des sites éloignés. Voici comment cela fonctionne :

- Les micro-ondes sont des rayonnements électromagnétiques avec des longueurs d'onde situées entre l'infrarouge et les ondes de radiodiffusion, généralement de 30 cm à 1 mm.
- Les données, comme celles des téléphones mobiles, sont transmises à travers des fréquences de 1 GHz à 100 GHz, permettant le transfert de grandes quantités de données sans besoin de câbles physiques.
- Le signal est modulé, codé, regroupé et compressé dans un canal radio étroit.
- Ce canal est converti en fréquences micro-ondes et envoyé en ligne droite vers une station réceptrice.
- À la station réceptrice, le signal est démodulé pour extraire les données regroupées, puis envoyé à sa destination finale.

Transmission par Fibre Optique (OPTICAL FIBER transmission):

Dans tous les réseaux, le choix d'un support physique dépend généralement du budget, des besoins en capacité, de la disponibilité, de la fiabilité et de la rapidité avec laquelle la solution peut être déployée. Les options courantes incluent le câble en cuivre à paires torsadées, le câble coaxial et le câble à fibre optique.

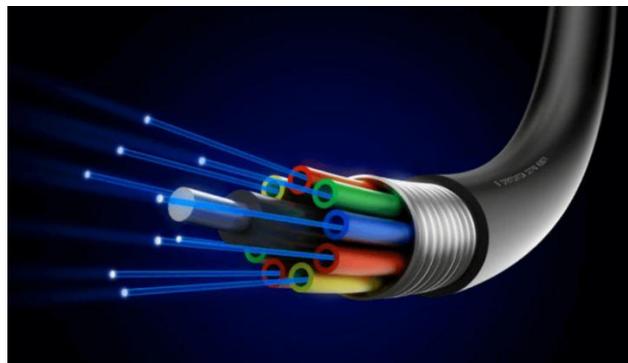


Figure 2.8 :cable fibre optique

Cependant, dans certains cas, des exigences contradictoires peuvent rendre toutes ces

options inapplicables ; par exemple, les besoins en capacité peuvent exiger une liaison de liaison en fibre optique, mais le budget peut ne pas permettre le temps et le coût nécessaires pour l'installer.

La partie POWER :

Power Supply Unit (PSU) :

Ce dispositif prend l'électricité de la prise murale et la transforme pour l'utiliser correctement. Il change le courant électrique qui vient de la prise, qui est alternatif (AC), en courant continu (DC). De plus, il réduit la tension électrique de 200 volts à -48 volts, car c'est la tension nécessaire pour alimenter l'unité principale de traitement des signaux.

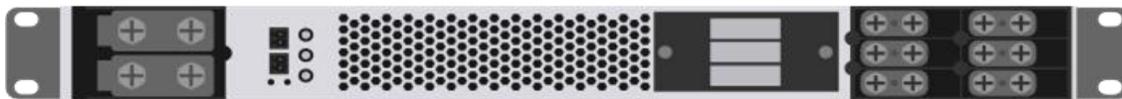


FIGURE 2.9: POWER SUPPLY UNIT

Power Distribution Unit (PDU):

Les unités de distribution d'alimentation (PDU) sont des dispositifs qui gèrent et fournissent l'électricité à plusieurs appareils. Elles sont installées directement sur une étagère (rack) et peuvent recevoir une alimentation électrique en courant alternatif (AC) ou en courant continu (DC).





FIGURE 2.10: POWER DISTRIBUTION UNIT

Circuit Breaker (Disjoncteur) :

Les disjoncteurs protègent les systèmes électriques contre les surcharges, les courts-circuits, et d'autres problèmes électriques dangereux. En cas de problème, ils coupent automatiquement l'électricité pour éviter tout risque de dommage aux personnes et aux équipements.

Batteries :

Les batteries se sont des systèmes de stockage d'énergie secondaire conçue pour fournir une alimentation de secours en cas des pannes d'électricités garantissant un fonctionnement continue sans coupure.



FIGURE 2.11: BATTERIE

Toutes les parties citées précédemment forment l'architecture globale d'un site d'antennes qui se présente par la figure suivante:

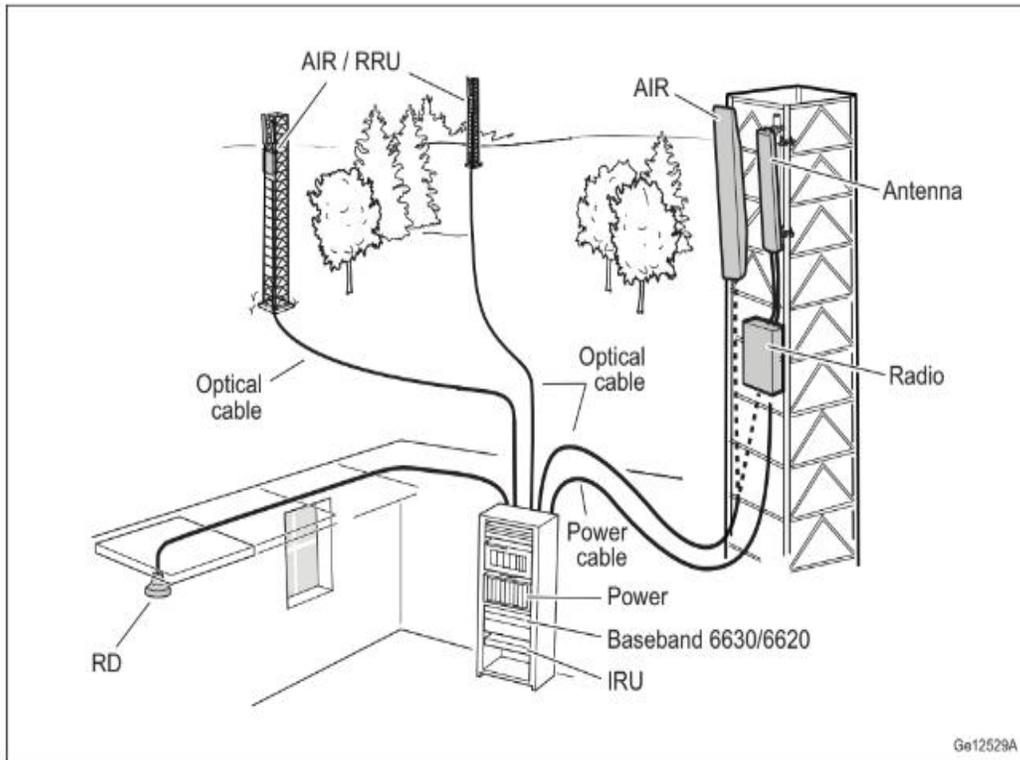


FIGURE 2.12 : ARCHITECTURE D'UN SITE DE TELECOMMUNICATION

L'automatisation dans les réseaux mobiles:

Définition :

L'automatisation consiste à accomplir des tâches de manière autonome, sans intervention humaine. Cela peut être utilisé dans de nombreux domaines comme la gestion des processus métier, des réseaux, et l'optimisation des ressources. On y parvient grâce à des architectures basées sur les services, des techniques d'intelligence artificielle, des réseaux programmables, et des stratégies de calcul flexibles.

Objectif :

L'objectif principal derrière l'application de l'automatisation est d'atteindre l'évolutivité, la flexibilité et l'agilité pour les services susmentionnés, permettant ainsi de proposer des solutions de pointe à de nombreux problèmes prédominants.

Énoncé de la problématique :

Actuellement, le processus d'intégration des nœuds dans un réseau mobile chez Ericsson est réalisé de manière manuelle. Cette méthode présente plusieurs défis majeurs :

- **Temps et efficacité :** La configuration manuelle de chaque équipement Baseband nécessite près d'une heure par équipement et requiert l'intervention d'ingénieurs qualifiés. Cette approche est donc chronophage et mobilise des ressources humaines importantes.
- **Coûts opérationnels :** En raison du temps et des ressources humaines nécessaires, les coûts opérationnels sont élevés.
- **Erreurs humaines :** La méthode manuelle est sujette à des erreurs humaines, ce qui peut entraîner des inefficacités et des interruptions dans le processus d'intégration.
- **Sécurité :** Le processus manuel pose également des préoccupations en termes de sécurité. Les erreurs humaines peuvent engendrer des vulnérabilités, des fuites de données sensibles, et des problèmes de gestion sécurisée des identifiants d'accès.¹

Conclusion du chapitre :

Dans ce chapitre, nous avons exploré les composants essentiels qui constituent l'architecture des sites dans les réseaux mobiles. Nous avons abordé la transmission des signaux, puis la gestion de l'alimentation, en détaillant chaque élément crucial qui assure le bon fonctionnement et la fiabilité de nos télécommunications. Pour conclure, nous avons introduit la notion d'automatisation et défini ses objectifs. Ensuite, nous avons abordé la problématique associée, puis clôturé ce chapitre.

Chapitre III

Développement et déploiement de la solution

Développement et déploiement de la solution

Introduction:

L'intégration des unités Baseband est une étape cruciale dans le déploiement des sites de télécommunication, ayant un impact direct sur la performance et la fiabilité du réseau. Bien que les méthodes actuelles d'intégration soient opérationnelles, elles présentent plusieurs défis, notamment en termes d'efficacité, de coûts, et de risques d'erreurs humaines. Pour répondre à ces défis, il est indispensable de concevoir une solution optimisée qui simplifie et accélère le processus d'intégration tout en réduisant les risques associés.

Nous proposons une solution basée sur l'utilisation d'une application web hébergée sur un serveur, connectée à deux machines virtuelles (VMware), permettant l'intégration simultanée de deux unités Baseband. Chaque machine virtuelle est dédiée à une unité Baseband spécifique, ce qui facilite leur configuration et intégration en parallèle. Cette approche vise à accroître l'efficacité du processus, à réduire le temps d'intégration, et à diminuer les coûts opérationnels. De plus, notre solution intègre des fonctionnalités de gestion des utilisateurs et de surveillance des processus d'intégration via des logs, assurant ainsi une gestion sécurisée et transparente.

Ce chapitre a pour objectif de détailler la conception de cette solution en abordant l'analyse des besoins, les processus et flux de travail, ainsi que les stratégies de surveillance et de gestion. En offrant une vue d'ensemble complète de la conception du système, nous mettons en lumière les avantages et l'efficacité de notre approche, posant ainsi les bases d'une mise en œuvre réussie.

1. Présentation d'organisme d'accueil :

Au cours des dernières années, le marché mondial de télécommunications a connu des changements importants, bien que les taux de croissance, décroissance diffèrent entre les

entreprises dominantes et émergentes.

Le secteur de télécommunications se développe de plus en plus et offre des prestations dans des domaines divers à travers des activités très variées, allant du développement et la gestion des moyens de communication, l'exploitation des outils électroniques et informatiques pour gérer et améliorer les interconnexions entre les clients et les opérateurs de la vente en lignes.

Ericsson est l'un des leaders dans le monde de télécommunications, l'automatisation et l'internet des objets fournit des solutions utilisées par les fournisseurs de services à travers le monde, dirigées par Ericsson Dynamic Orchestration, qui aident les opérateurs à simplifier les opérations et à réduire les coûts grâce à une allocation dynamique des ressources automatisée et à une assurance des services basée sur l'exploitation des informations.

2. Présentation de l'entreprise Ericsson :

Ericsson, est une multinationale suédoise de réseautage et de télécommunications exerçant dans plus de 180 pays voir figure 1 La société propose des services, des logiciels et des infrastructures dans les technologies de l'information et des communications pour les opérateurs de télécommunications, des équipements de réseaux de télécommunications et de protocole Internet (IP) traditionnels, des services à large bande mobiles et fixes, des services de soutien aux opérations et aux entreprises, la télévision par câble, IPTV, des systèmes vidéo et exploitation des services.

L'entreprise a été fondée en 1876 par Lars Magnus Ericsson et a été reprise par la famille Wallenberg en 1960 qui détient la majorité de ses actions. Ericsson emploie environ 100 700 personnes et opère dans environ 180 pays. Ericsson détient plus de 49 000 brevets accordés en septembre 2019, dont beaucoup dans les communications sans fil. Ericsson est l'inventeur de la technologie Bluetooth voir (Figure 1). Elle détenait une part de marché de 27% sur le marché des infrastructures de réseaux mobiles 2G / 3G / 4G en 2018.

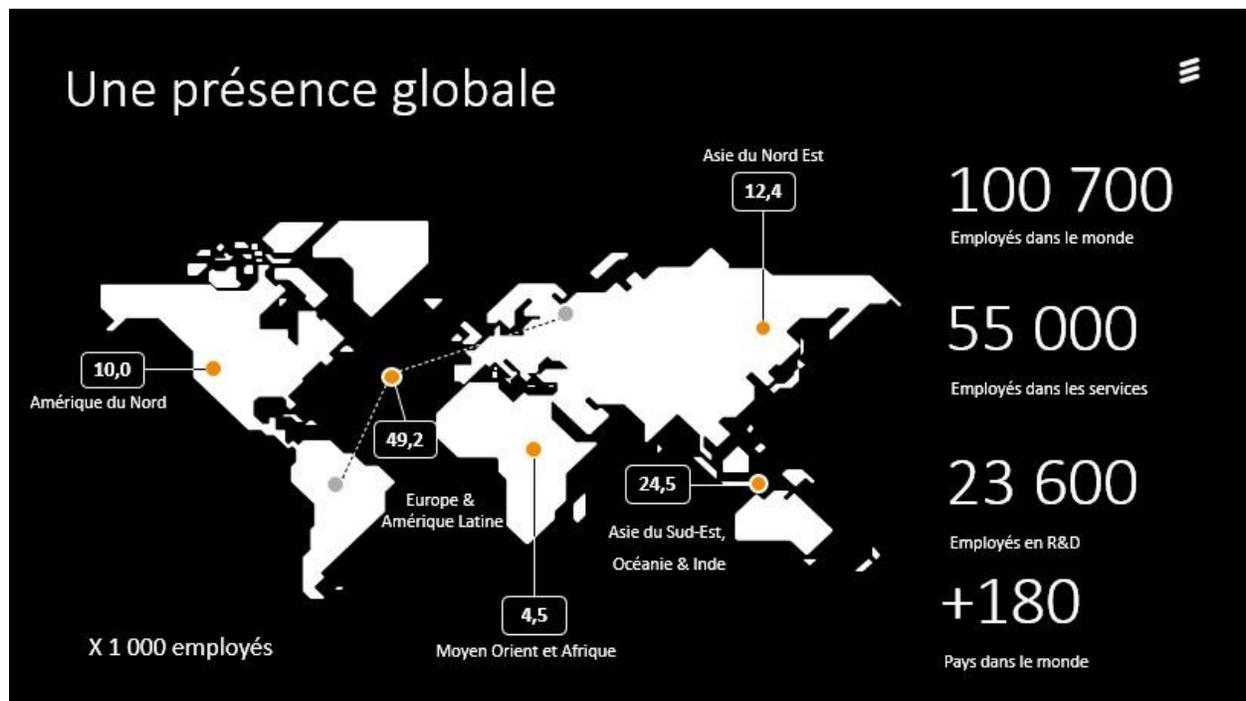


Figure 3.1: Presence d'Ericsson dans le monde.



Figure 3.2 : Famille de produits d'ericsson

Ericsson Algérie :

Ericsson Algérie est membre du réseau Ericsson International. Depuis 2003 Ericsson Algérie est une société qui représente officiellement Ericsson Suède sous la forme juridique d'une SARL. Elle emploie plus 1000 personnes indirects. Dès son installation en Algérie, Ericsson effectue des opérations et l'installation des équipements de télécommunications privées, commerciales et industrielles aux

opérateurs Algériens (Algérie Télécom, Algérie Télécom Mobile (Mobilis), Djezzy OTA, Ooredoo) ainsi que d'autres clients.

EAL procède également à la maintenance des systèmes de téléphonie (Antennes, Serveurs, ...) pour ses clients en Algérie, et tout ceci est organisé en mode projet. La gestion de l'expérience client, y compris la réalisation, l'assurance, l'optimisation du réseau et la facturation en temps réel a travers l'OSS et BSS. Ericsson Algérie a travaillé sur les plus grands projets télécom, tel que l'extension de la 4G dans toutes les wilayas. La présence de la firme suédoise en Algérie a permis le développement de la 4G a en un temps record de deux ans.

Analyse des Besoins:

▪ Identification des Problèmes Actuels :

L'intégration des unités Baseband dans un réseau mobile présente actuellement plusieurs défis et limitations :

- **Temps et Ressources :** Le processus d'intégration manuel est long, prenant environ une heure par équipement, et mobilise des ingénieurs qualifiés pour chaque unité Baseband.
- **Erreurs Humaines :** La complexité du processus manuel accroît le risque d'erreurs humaines, pouvant entraîner des configurations incorrectes et des interruptions de service.
- **Coût Opérationnel :** Le recours constant à du personnel qualifié pour chaque intégration augmente les coûts opérationnels.
- **Sécurité :** La gestion manuelle des identifiants d'accès et des configurations expose le processus à des vulnérabilités potentielles et à des risques de fuite de données sensibles.

1. Définition des Besoins Fonctionnels et Non-Fonctionnels

i. Besoins Fonctionnels :

- **Intégration Simultanée** : Permettre l'intégration de plusieurs unités Baseband en parallèle pour accroître l'efficacité.
- **Automatisation** : Automatiser les étapes clés du processus afin de réduire le temps d'intégration et de minimiser les erreurs humaines.
- **Interface Utilisateur** : Développer une interface web intuitive pour faciliter la gestion des configurations et des intégrations.
- **Gestion des Utilisateurs** : Intégrer une fonctionnalité de gestion des utilisateurs pour contrôler les accès et les permissions (ajout, suppression, modification).
- **Surveillance et Logs** : Fournir des outils de surveillance en temps réel et des journaux détaillés pour suivre les processus d'intégration et faciliter le dépannage.

ii. Besoins Non-Fonctionnels :

- **Sécurité** : Assurer la protection des données sensibles et une gestion sécurisée des identifiants d'accès.
- **Fiabilité** : Garantir un haut niveau de disponibilité et de fiabilité pour les services d'intégration.
- **Scalabilité** : Concevoir une solution évolutive capable de gérer l'augmentation du nombre d'unités Baseband à intégrer.
- **Performance** : Optimiser le système pour réduire les temps de réponse et accélérer le processus d'intégration.

Architecture générale de la solution :

Alors en diviser notre application en 3 interfaces :

▪ Interface Back-End :

Cette interface permet à l'utilisateur d'accéder à son compte au sein de l'application. Elle constitue de nom d'utilisateur et le password

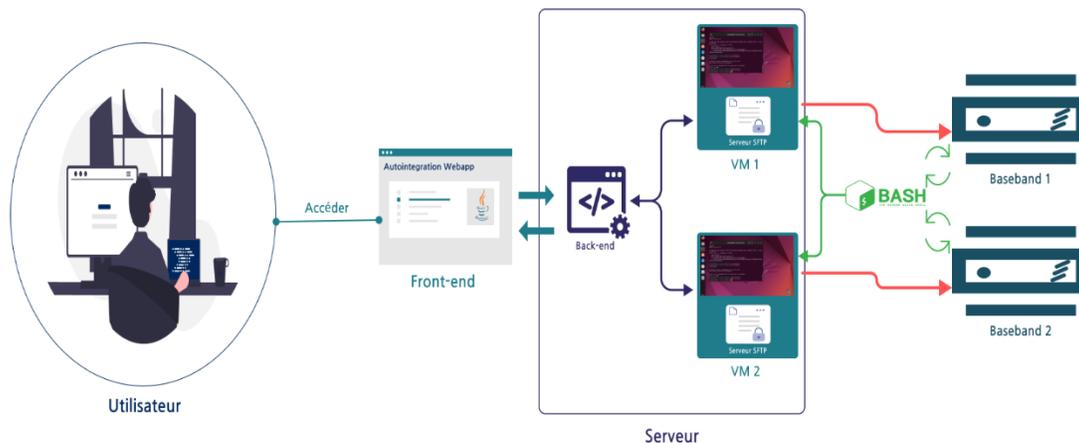
- **Les VM :**

après l'utilisateur mettre les champs des VM et ses adresse IP ces machines virtuelles accéder au baseband et envoyer les fichiers de configuration

- **Interface du Baseband :**

Le baseband est responsable de la réception des fichiers de configuration envoyés par les machines virtuelles. Après avoir traité ces fichiers, le baseband envoie des réponses de confirmation aux machines virtuelles pour indiquer la bonne réception et le traitement des configurations. Les machines virtuelles relaient ensuite cette confirmation à l'interface back-end, permettant à l'utilisateur de vérifier que les fichiers ont été correctement reçus et traités.

Organigramme generale de mon application :



Scénario :

L'utilisateur entre ses identifiants, et le système les vérifie en interrogeant la base de données. En fonction du résultat de l'authentification :

- En cas de succès : L'utilisateur est redirigé vers la page d'accueil.
- En cas d'échec : Un message d'erreur approprié est affiché.

Ajout spécifique pour un utilisateur existant :

Si l'utilisateur est reconnu et réussit l'authentification, les logs de session sont gérés comme suit :

- Un thread dédié lance l'enregistrement de la session via la fonction `*StartLog()*`, qui consigne le début de la session avant que l'utilisateur n'accède à la page d'accueil.
- Lorsque l'utilisateur clique sur "logout", sa session est clôturée.

Objectif :

Garantir que seuls les utilisateurs autorisés accèdent au système, tout en consignnant les logs de connexion à des fins de surveillance.

Les outils utilisés :

Eclipse IDE :

Eclipse IDE est un environnement de développement intégré gratuit et extensible, développé par IBM. Il supporte de nombreux langages de programmation et est principalement écrit en Java, utilisant la bibliothèque graphique SWT d'IBM. On peut ajouter des fonctionnalités à Eclipse grâce à des plug-ins. Plusieurs logiciels commerciaux, comme IBM Lotus Notes 8, IBM Symphony et Websphere Studio Application Developer, sont basés sur cette plateforme. Serveur Apache .

Tomcat :

Apache Tomcat est un serveur d'applications web open source pour Java, développé par la fondation Apache. Il est conçu pour héberger et déployer des servlets Java, qui sont des programmes Java exécutés côté serveur pour traiter les requêtes des clients et générer des réponses, généralement via le protocole HTTP.

VMWARE :

Qu'est-ce que VMware ?

VMware est une société de logiciels spécialisée dans la virtualisation et le cloud computing. La virtualisation crée une version logicielle d'un serveur ou d'autres ressources informatiques, permettant de les utiliser sans les contraintes physiques du matériel. Cet article explore comment les services de virtualisation de VMware peuvent améliorer la flexibilité de votre infrastructure de stockage.

MySQL :

MySQL est un système de gestion de base de données appartenant à Oracle, largement utilisé à l'échelle mondiale. Il est basé sur l'algèbre relationnelle et est principalement utilisé pour stocker des données pour divers services Web. Des CMS populaires comme WordPress et TYPO3 utilisent MySQL comme base de données.

Modèle MVC :

Le modèle MVC (Modèle-Vue-Contrôleur) est une méthode pour organiser une application en trois parties :

1. **Modèle** : Gère les données et la logique de l'application.
2. **Vue** : Affiche les données à l'utilisateur et gère l'interface utilisateur.
3. **Contrôleur** : Gère les interactions de l'utilisateur, envoie les données au modèle, et met à jour la vue.

Implémentation et Tests :

Nous avons configuré trois machines virtuelles sur l'hyperviseur VMware ESXi, chacune ayant un rôle spécifique dans notre solution.

VM 1 et 2 Ubuntu Linux

Les machines virtuelles VM 1 et VM 2 utilisent Ubuntu Linux pour stocker des scripts XML, des packages logiciels et gérer les processus de téléchargement et d'intégration. Leur rôle principal est d'héberger ces fichiers nécessaires à l'intégration des unités Baseband. Elles gèrent également le téléchargement des scripts XML vers ces unités et exécutent les scripts d'intégration.

configuration matérielle		
CPU	1 vCPUs	
Mémoire	8 Go	
Disque dur 1	50 Go	
Adaptateur réseau 1	LAN (Connecté)	
Carte vidéo	4 Mo	
Lecteur CD/DVD 1	ISO [datastore1] ubuntu-23.10-live-server-amd64.iso	Sélectionner l'image disque
Autres	Matériel supplémentaire	

FIGURE 3.3 : LES CARACTERISTIQUE DES 3 VMS

2.1 Configuration des Machines Virtuelles pour SFTP Sécurisé et Exécution de Scripts :

Dans cette section, nous décrivons la configuration d'une machine virtuelle (VM) sous Ubuntu Linux. La VM est équipée des outils et paquets nécessaires, et configurée pour héberger un serveur SFTP destiné à des cas d'utilisation spécifiques. Cette configuration inclut des rôles d'utilisateur restreints ainsi que des paramètres réseau spécifiques, visant à renforcer la sécurité et optimiser la fonctionnalité.

Préparation du Système :

La VM est d'abord installée avec Ubuntu Linux, puis mise à jour pour inclure les outils et paquets requis.

Commande	Description
<code>sudo apt update</code>	Met à jour la liste des paquets disponibles dans les dépôts Ubuntu.
<code>sudo apt install net-tools</code>	Installe les outils de réseau classiques comme ifconfig, netstat, etc.
<code>sudo apt install openssh-server</code>	Installe le serveur OpenSSH permettant les connexions sécurisées SSH.
<code>sudo apt install curl</code>	Permet d'installer l'outil curl, qui est utilisé pour transférer des données à partir ou vers un serveur de manière automatisée (HTTP).

TABLEAU 1 : LES OUTILS ET LES PAQUETS UTILISES.

2.1.2. Configuration du Serveur SFTP

Pour assurer un transfert de fichiers sécurisé, un serveur SFTP a été configuré avec un utilisateur spécifique (rbs) pour héberger les fichiers RBS Summary XML. Les étapes ci-dessous détaillent le processus de configuration.:

1. Créer le Répertoire SFTP et Définir les Permissions :

Commande	Description
<code>Sudo su root</code>	Passe en mode superutilisateur (root).
<code>Mkdir -p /sftp</code>	Crée le répertoire /sftp et ses parents s'ils n'existent pas déjà (-p).
<code>Chmod 701 /sftp</code>	Définit les permissions du répertoire /sftp
<code>Chown -R root:root /sftp</code>	Change la propriété du répertoire /sftp et de son contenu à root:root.

TABLEAU 2: LES COMMANDES UTILISEES POUR LA CONFIGURATION 1.

2. Créer un Groupe d'Utilisateurs et un Utilisateur SFTP :

Commande	Description
<code>Groupadd sftpusers</code>	Crée un nouveau groupe appelé sftpusers.
<code>useradd -G sftpusers -d /upload -s /sbin/nologin rbs</code>	Crée un nouvel utilisateur rbs avec des attributs
<code>passwd rbs</code>	Définit un mot de passe pour l'utilisateur rbs.
<code>mkdir -p /sftp/upload</code>	Crée le répertoire /sftp/upload et ses parents s'ils n'existent pas déjà (-p).

<code>chown -R rbs:sftpusers /sftp/upload</code>	Change la propriété du répertoire <code>/sftp/upload</code> et de son contenu à <code>rbs:sftpusers</code> .
--	--

TABLEAU .3 : LES COMMANDES UTILISEES POUR LA CONFIGURATION 2

Configurer le Daemon SSH pour SFTP :

Avant de modifier le fichier `/etc/ssh/sshd_config`, il est essentiel de comprendre qu'il s'agit du fichier de configuration principal pour le serveur SSH sur un système Linux. Nous utiliserons l'éditeur de texte nano pour l'ouvrir et ajuster les paramètres SSH en fonction de nos besoins. Après avoir apporté les modifications nécessaires, nous sauvegarderons le fichier et redémarrerons le service SSH pour appliquer les nouvelles configurations.

Commande	Description
<code>Match Group sftpusers</code>	Spécifie que les configurations suivantes s'appliquent uniquement aux utilisateurs membres du groupe <code>sftpusers</code> .
<code>ForceCommand internal-sftp</code>	Force l'utilisation de <code>internal-sftp</code> comme commande forcée pour les utilisateurs du groupe <code>sftpusers</code> . Cela limite leur accès à SFTP uniquement.
<code>PermitTunnel no</code>	Désactive l'utilisation de tunnels TCP/IP distants pour les sessions SSH.

<code>AllowAgentForwarding no</code>	Désactive la possibilité de transférer les connexions d'agent SSH vers la session distante.
<code>AllowTcpForwarding no</code>	Désactive la possibilité de transférer les connexions TCP distantes via SSH.
<code>X11Forwarding no</code>	Désactive le transfert de l'affichage X11 (graphique) via SSH.

TABLEAU 4 : LES COMMANDES UTILISES POUR LA CONFIGURATIONS 3.

Redémarrez le service SSH en utilisant la commande `sudo systemctl restart sshd`.

Gestion des Utilisateurs et Sécurité :

Un utilisateur restreint (`manager`) est créé pour exécuter des scripts, offrant ainsi une couche de sécurité supplémentaire en limitant ses permissions.

Commande	Description
<code>sudo su manager</code>	Passé à l'utilisateur <code>manager</code> avec des privilèges root pour exécuter des tâches.
<code>cd /home/manager</code>	Change le répertoire de travail pour le répertoire home de <code>manager</code> .
<code>nano script.sh</code>	Ouvre le fichier <code>script.sh</code> dans l'éditeur de texte <code>nano</code> pour modification

<code>nano download.sh</code>	Ouvre le fichier <code>download.sh</code> dans l'éditeur de texte <code>nano</code> pour modification.
<code>chmod +x download.sh</code>	Rend le fichier <code>download.sh</code> exécutable.
<code>chmod +x script.sh</code>	Rend le fichier <code>script.sh</code> exécutable.

TABLEAU 5 : LES COMMANDES UTILISEES POUR LA CONFIGURATIONS 4.

```

root@medkour-ubuntu: /sftp/upload
medkour@medkour-ubuntu:~$ sudo su root
[sudo] password for medkour:
root@medkour-ubuntu:~/home/medkour# cd /sftp/upload
root@medkour-ubuntu:~/sftp/upload# ls
RBS_Summary_1.xml  RBS_Summary_2.xml  RBS_Summary_3.xml
root@medkour-ubuntu:~/sftp/upload#

```

FIGURE 3.4 :EMPLACEMENT DES FICHIERS RBS (SFTP SERVEUR)

Gestion des Fichiers et Scripts

- **Fichiers RBS Summary** : Placés dans le répertoire du serveur SFTP `/sftp/upload`.
- **Scripts Bash** : Situés dans le répertoire personnel de l'utilisateur `manager` (`/home/manager`) avec les permissions d'exécution définies.

3. Développement de l'Application Web

3.1. Base de données

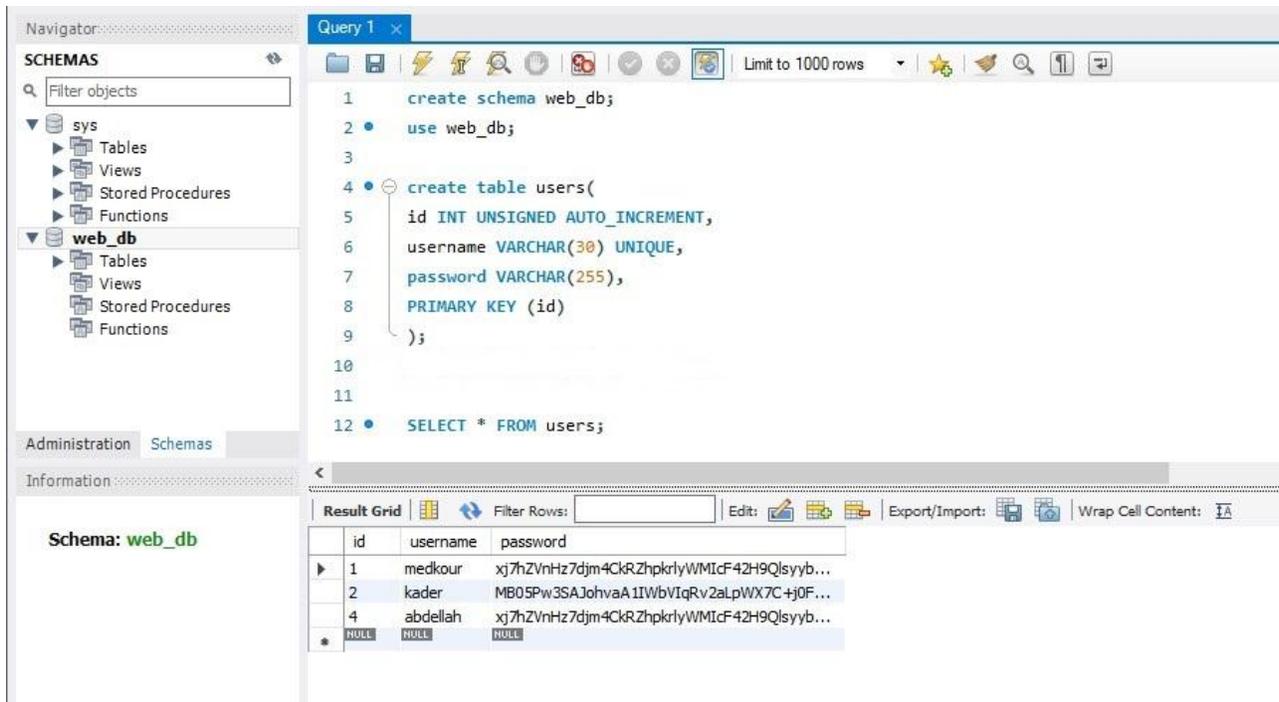


FIGURE 3.5 : CONCEPTION DE LA BASE DE DONNEES POUR LA GESTION DES UTILISATEURS.

Création du Schéma de la Base de Données :

- La base de données est créée et nommée `web_db`.
- La commande `USE web_db;` permet de sélectionner ce schéma pour les opérations suivantes :

Table users:

- **id** : Champ entier non signé (`INT UNSIGNED`) avec auto-incrémentation (`AUTO_INCREMENT`). Ce champ sert de clé primaire (`PRIMARY KEY`) pour identifier de manière unique chaque utilisateur.
- **username** : Champ de type `VARCHAR(30)` qui doit être unique (`UNIQUE`). Il stocke le nom d'utilisateur.
- **password** : Champ de type `VARCHAR(255)` pour stocker les mots de passe des utilisateurs. Il peut contenir des mots de passe chiffrés.

La table `admins` est créée en dupliquant la structure de la table `users` à l'aide de la commande `LIKE`. Ainsi, la table `admins` aura les mêmes colonnes que la table `users`, mais sera utilisée pour stocker les données relatives aux administrateurs.

Conception du Back-end :

Cette application web est développée en suivant l'architecture Model-View-Controller (MVC), qui se compose de trois éléments principaux : le Modèle, la Vue et le Contrôleur.

Modèle :

Le composant Modèle est responsable de la gestion des données essentielles et de la logique métier de l'application. Il comprend les classes suivantes :

- **Modèle Utilisateur :** Gère les attributs `id`, `username` et `password`.
- **Modèle Admin :** Similaire au Modèle Utilisateur, avec les attributs `id`, `username` et `password`.
- **Modèle VM :** Contient des informations sur les machines virtuelles, incluant les adresses IP `host_1` et `host_2`, ainsi que les informations de connexion SSH, à savoir `username` et `password`.

Chaque classe de modèle est dotée des constructeurs appropriés ainsi que des méthodes setters et getters pour la gestion des données. Le composant Modèle comprend également la couche DAO (Data Access Object) qui facilite l'accès à la base de données et la gestion des données. La DAO se compose de :

- **Classe ConnectToDb** : Offre la méthode `connect()` pour établir une connexion à la base de données.

- **Classe Crud** : Réalise les opérations CRUD avec des méthodes telles que `createUser()`, `editUser()`, `deleteUser()` et `getAllUsers()` pour gérer les utilisateurs dans la base de données.

- **Classe Script** : Propose des méthodes pour interagir avec les machines virtuelles, telles que :

-**getXmlFiles**: Permet de récupérer une liste de fichiers RBS Summary XML.

Communication Entre Le Système et les Machines Virtuelles :

Processus de Communication :

1. Initiation du Téléchargement :

- Lorsque l'utilisateur lance le téléchargement pour un baseband, le système se connecte à la machine virtuelle.
- Une fois connecté, le système exécute le script de téléchargement sur la machine virtuelle, en utilisant le fichier de RBSsummary comme argument.

2. Exécution du Script de Téléchargement :

- Le script démarre le téléchargement sur le baseband.
- Il accède au serveur SFTP sur la machine virtuelle pour obtenir les fichiers de configuration nécessaires.
- Le baseband télécharge les fichiers depuis le serveur SFTP.

3. Interface Utilisateur et Affichage :

- Le système reçoit les outputs et met à jour l'interface utilisateur en temps réel pour montrer la progression du téléchargement et les informations pertinentes.

Ce processus assure une communication et une coordination efficaces entre le système et les machines virtuelles.

Scénarios de Test

Cette section détaille les différents tests de l'application web, depuis la connexion jusqu'à l'intégration de l'équipement baseband. Elle couvre également divers scénarios d'erreur et leur gestion.

Processus de Connexion :

- **Action :** L'utilisateur navigue vers la page de connexion et entre son nom d'utilisateur et son mot de passe.
 - **Scénario d'erreur :** Si les identifiants sont incorrects, l'utilisateur est redirigé vers la même page avec un message d'erreur.

Page de Connexion

La page de connexion sert de point d'entrée au système, où les utilisateurs s'authentifient en utilisant leurs identifiants.

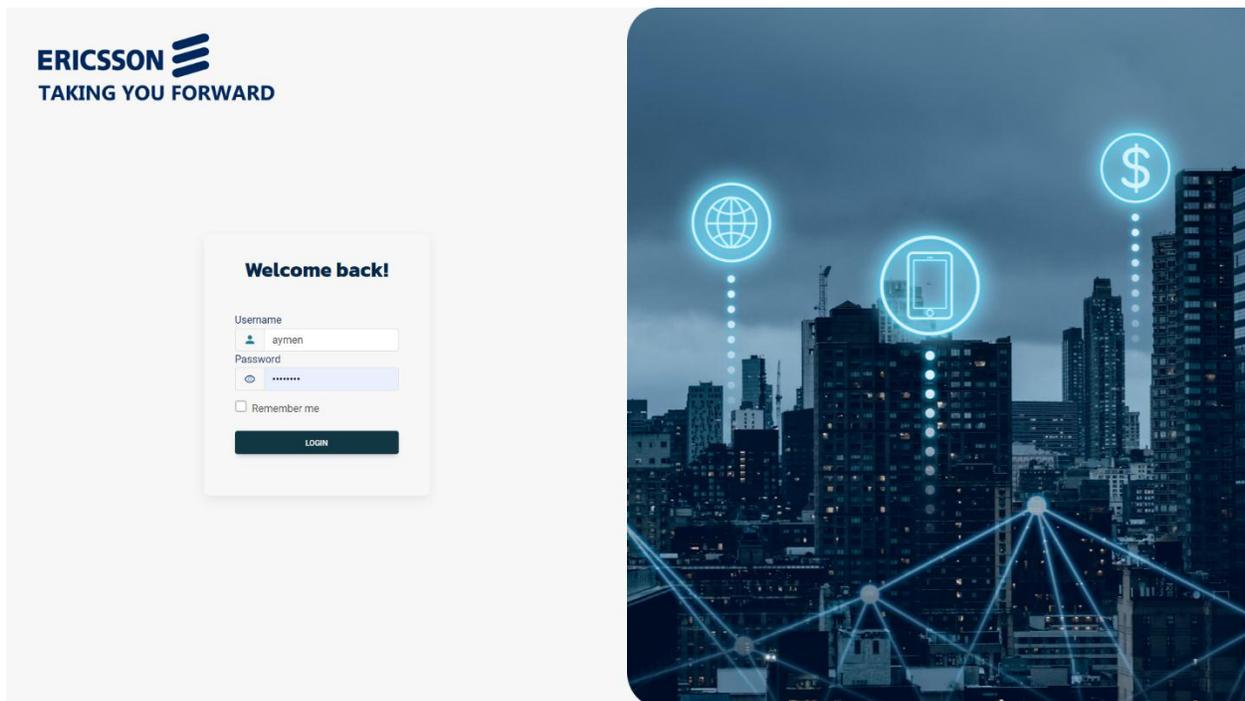


FIGURE 3.6 : FORMULAIRE DE CONNEXION

Caractéristiques :

- **Champs :**
 - Nom d'utilisateur
 - Mot de passe
- **Bouton :**
 - Login

Fonctionnalité :

- L'utilisateur saisit son nom d'utilisateur et son mot de passe.
- En cliquant sur le bouton de Login, le système authentifie les identifiants.
- Une authentification réussie redirige l'utilisateur vers sa page d'accueil.

Scénario de réussite : Si les identifiants sont corrects, l'utilisateur est redirigé vers la page d'accueil.

Interaction avec la Page d'Accueil

La page d'accueil permet aux utilisateurs de configurer les paramètres de deux machines virtuelles et de lancer des processus liés à ces configurations.

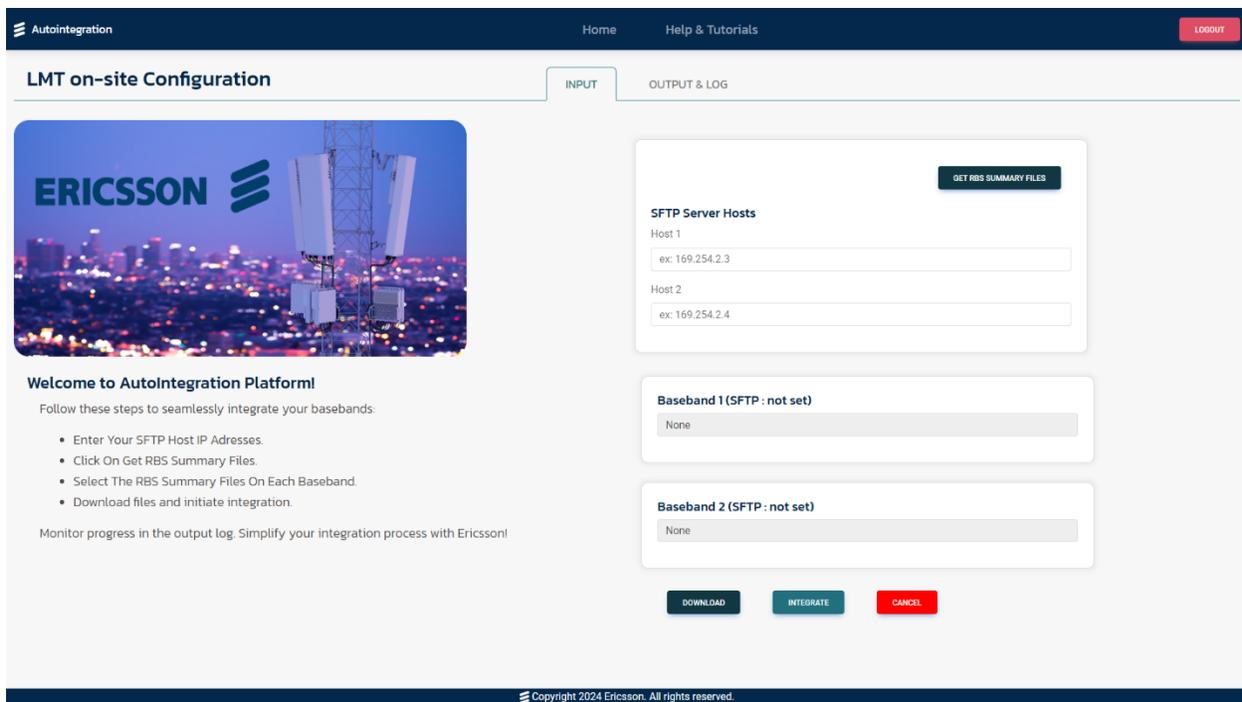


FIGURE 3.7 : PAGE D'ACCUEIL (INPUT)

Caractéristiques :

- **Champs :**
 - Adresse IP de la machine virtuelle 1
 - Adresse IP de la machine virtuelle 2
 - Champ de téléchargement pour le fichier XML RBSSummary de la machine virtuelle 1
 - Champ de téléchargement pour le fichier XML RBSSummary de la machine virtuelle 2

11. Interaction avec la Page d'Accueil :

- **Action :** L'utilisateur entre les adresses IP des deux machines virtuelles, obtenues à partir du fichier de configuration de l'hôte (host configuration file), puis clique sur le bouton « Get RBS Summary Files ».

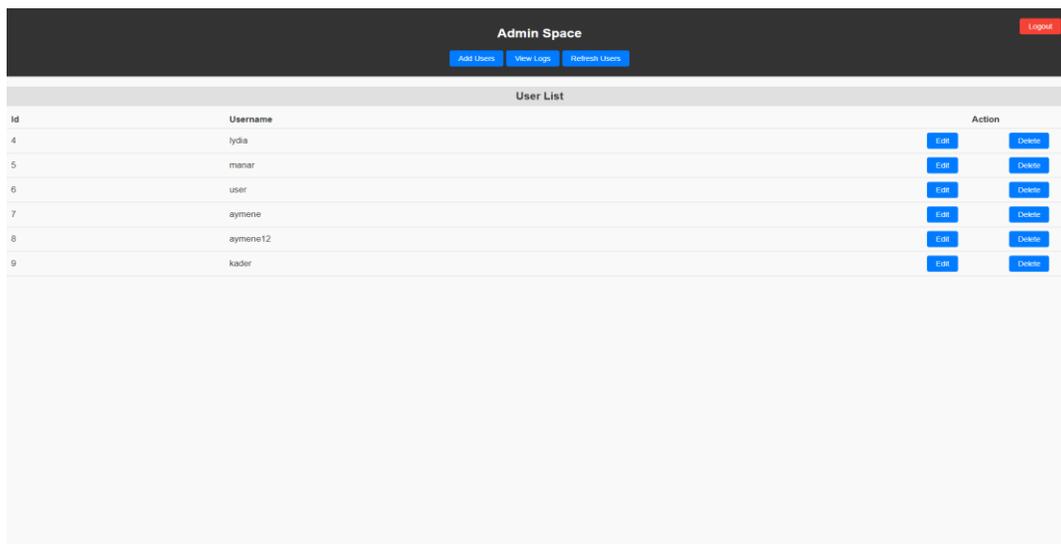
Scénario d'erreur :

Si les deux champs sont laissés vides, un message d'erreur invite l'utilisateur à saisir au moins une adresse IP.

Processus de Téléchargement et d'Intégration :

- **Action** : Après avoir activé au moins une baseband pour l'intégration, l'utilisateur clique sur le bouton de téléchargement.

Scénario de réussite : L'utilisateur est ensuite redirigé vers l'onglet "Output & Log", où sont affichés les journaux des basebands 1 et 2.



Admin Space		
Add Users View Logs Refresh Users Logout		
User List		
Id	Username	Action
4	lydia	Edit Delete
5	manar	Edit Delete
6	user	Edit Delete
7	aymene	Edit Delete
8	aymene12	Edit Delete
9	kadir	Edit Delete

Figure 3.8 :Admin add user

Voilà le le fichier XML RBSSummary :

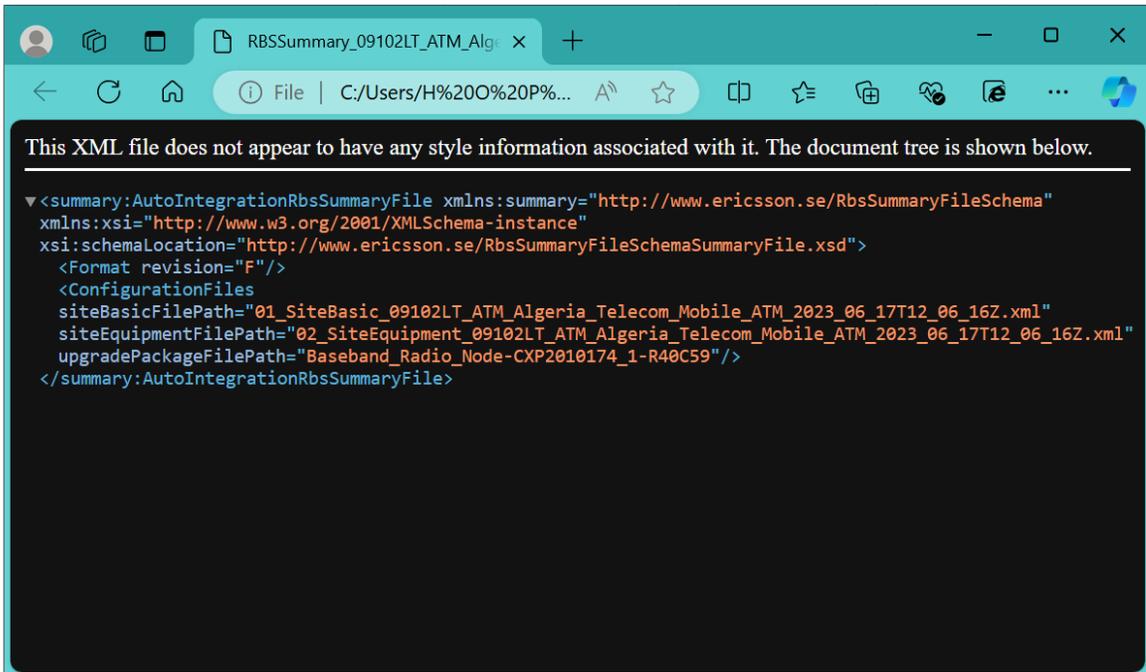


Figure 3.9 : le fichier XML RBSSummary

Élément racine: summary

Il s'agit de l'élément racine du document XML. Il est défini avec l'espace de noms summary, lié à l'URL <http://www.ericsson.se/RbsSummaryFileSchema>. Espaces de noms et emplacement du schema

<ConfigurationFiles :

siteBasicFilePath="01_SiteBasic_09102LT_ATM_Algeria_Telecom_Mobile_ATM_2023_06_17T12_06_16Z.xml":

Cela spécifie le chemin d'accès à un fichier de configuration de site de base.

Et cest la meme chose pour les 2 autres fichier.

13. Résumé :

Le fichier XML est un fichier de configuration de résumé pour une station de base radio Ericsson. Il inclut des références à des fichiers de configuration spécifiques et un package de mise à niveau.

- **Bouton :**
 - Télécharger

14. Fonctionnalité :

- Les utilisateurs spécifient les adresses IP des deux machines virtuelles et les noms des fichiers 'RBS_Summary.xml' sur chaque machine.

- En cliquant sur le bouton Télécharger, le processus de téléchargement des fichiers démarre sur l'équipement de Baseband. Le backend envoie une commande aux machines virtuelles pour lancer le téléchargement des fichiers depuis ces machines.

15. Page des outputs :

La page des outputs fournit une interface de surveillance permettant aux utilisateurs de suivre les outputs des deux machines virtuelles.

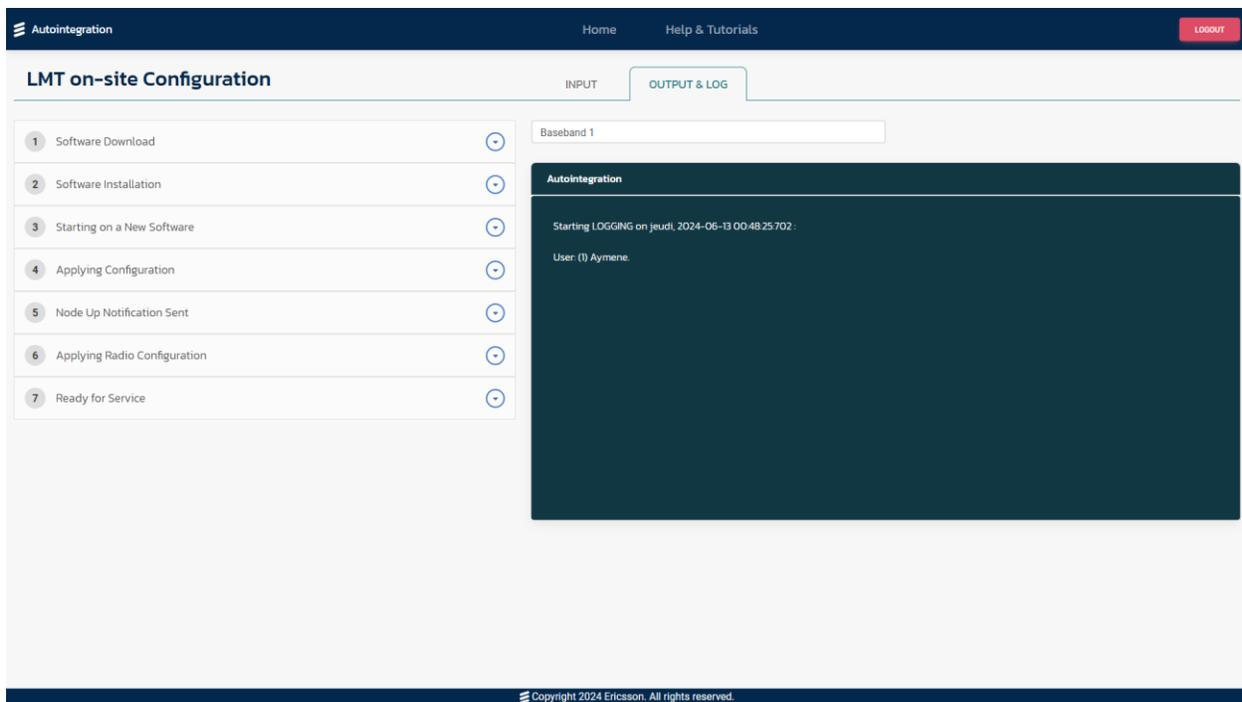
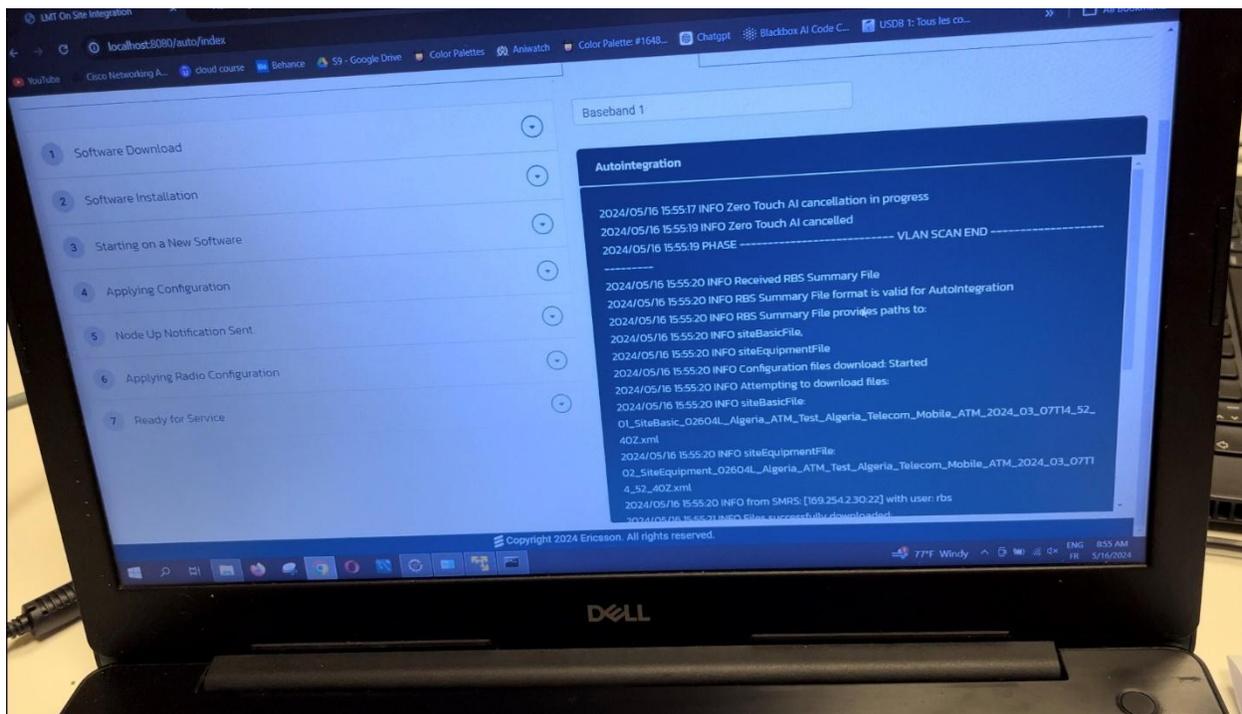


FIGURE 3.10 : PAGE OUTPUTS



16. Erreurs de Téléchargement (DOWNLOAD-ERROR)

Ces erreurs sont générées lors de l'initiation du processus de téléchargement en exécutant le script download.sh.

- **## DOWNLOAD-ERROR ## Error while Getting Session.**

Description : Erreur survenue lors de la tentative d'obtention d'une session pour démarrer le téléchargement.

- **## DOWNLOAD-ERROR ## Can't Connect to VM.**

Description : Impossible de se connecter à la machine virtuelle (VM) pour démarrer le processus de téléchargement.

- **## DOWNLOAD-ERROR ## Error while reading stderr.**

Description : Erreur survenue lors de la lecture du flux d'erreur standard (stderr) pendant le téléchargement.

- **## DOWNLOAD-ERROR ## Command execution failed, Status: {status code number}.**

Description : L'exécution de la commande a échoué avec un code de statut particulier indiqué par {status code number}. Le {status code number} représente le code de statut spécifique renvoyé par le système ou le script, indiquant la nature exacte de l'échec.

- **## DOWNLOAD-ERROR ## {download.sh std error}**

Description : Le message d'erreur exact provenant du script download.sh. {download.sh std error} est un espace réservé pour le message d'erreur réel renvoyé par le script pendant son exécution.

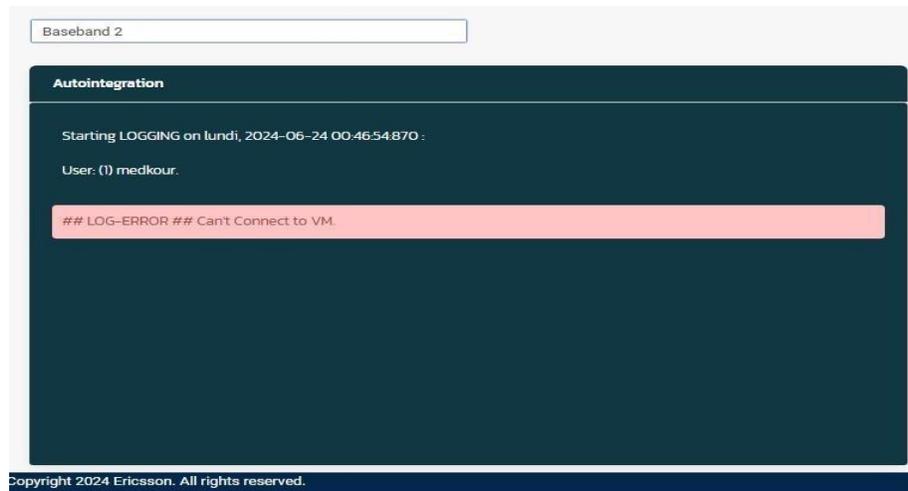


Figure 3.11 : MESSAGE D'ERREUR DE SCRIPT 'DOWNLOAD.SH'

16.1 . Caractéristiques :

- Affichage en temps réel des outputs des deux machines virtuelles.

16.2. Fonctionnalité :

Les outputs générés par le baseband sont récupérés après que l'utilisateur a cliqué sur le bouton de téléchargement dans l'interface frontend. Une requête est envoyée au backend, qui la transmet à la machine virtuelle spécifiée, déclenchant le processus de téléchargement. Les outputs sont alors générés et récupérés progressivement du baseband jusqu'à leur affichage final dans l'interface frontend.

17. Considérations Techniques :

17.1. Sécurité :

- Gestion sécurisée des identifiants des utilisateurs, garantissant une protection contre les accès non autorisés.

17.2. Validation :

- Validation des adresses IP et des formats de fichiers XML avant le traitement.

17.3. Expérience Utilisateur :

- Retour d'information et messages d'erreur clairs pour guider l'utilisateur tout au long du processus.

Conclusion :

Au terme de cette étude, nous avons exploré divers aspects cruciaux de l'intégration des nœuds dans les réseaux mobiles, en mettant en lumière les défis liés aux méthodes manuelles actuelles. Ces défis incluent le temps et l'efficacité, les coûts opérationnels, les erreurs humaines et les préoccupations de sécurité. L'automatisation se révèle être une solution prometteuse pour surmonter ces obstacles, offrant des gains en efficacité et en sécurité tout en réduisant les coûts et les risques d'erreurs humaines.

Conclusion Générale:

L'automatisation de l'intégration des nœuds dans les réseaux mobiles revêt une importance cruciale en raison de l'évolution constante de ces technologies. Cette méthode permet de réduire les erreurs humaines, d'accélérer les déploiements et d'améliorer la fiabilité globale des réseaux. Lors de la conception de ma solution d'automatisation, j'ai placé l'utilisateur au centre de mes préoccupations. Mon objectif principal était de simplifier la configuration et la gestion des nœuds en proposant une interface intuitive et une architecture logicielle robuste. Les tests effectués ont montré une amélioration significative en termes de vitesse et de précision par rapport aux méthodes manuelles traditionnelles, assurant ainsi une cohérence accrue. Ces résultats démontrent non seulement la faisabilité de l'automatisation de l'intégration des nœuds, mais aussi ses avantages pour l'industrie des télécommunications. Bien que l'application soit actuellement semi-automatisée, elle pourrait évoluer vers une automatisation complète, offrant ainsi une solution encore plus efficace et performante. Il est toutefois important de noter que les tests ont été limités par le matériel et le temps disponibles, empêchant une mise en œuvre entièrement automatisée. Une évolution vers cette automatisation complète nécessiterait le développement de solutions innovantes intégrant l'intelligence artificielle pour une gestion pilotée par des données prédictives et proactives. En conclusion, l'automatisation de l'intégration des nœuds dans les réseaux mobiles représente une avancée essentielle. Mon projet illustre que cette approche est indispensable pour révolutionner ce secteur et anticiper les technologies futures..

Bibliographie :

[01] Réseau cellulaire [04/04/2024] <https://www.marchepublic.fr/Terminologie/Entrees/reseau-cellulaire.htm>

[02] what is a sector antenna : Andrew chen , March 10,2024.[04/04/2024] <https://www.sannytelecom.com/what-is-a-sector-antenna/>

[03] Remote Radio Unit Description RRUS: Ericsson 32,172/1551-LZA 701 6001/3 Uen H | 2018-04-19 . [04/04/2024] <https://fcc.report/FCC-ID/TA8AKRC161414-1/3867020.pdf>

[04] Baseband Description Baseband 6620, ERICSSON: Baseband 6630 Description, 81/1551-LZA 701 6001/1 Uen AA | 2018-11-06.

[05]Hwawei,2015,BBU[04/04/2024] <https://forum.huawei.com/enterprise/fr/BBU/thread/724793568029196288-667481005516271617>

[06] NEHME Charbel . 2015. PYLÔNES DE TÉLÉCOMMUNICATIONS ET BÂTIMENTS. Liban. CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS PARIS ou CENTRE RÉGIONAL ASSOCIÉ DU LIBAN . 173p . DIPLÔME D'INGÉNIEUR CNAM. [04/04/2024] <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01638796/document>

[06] The award winning Ericsson 6130 radio network cabinet/enclosure [04/04/2024] https://www.txo.com/products/popular-telecom_platforms/ericsson/ericsson6130-network-cabinet-enclosure/

[07] Enclosure & Power [04/04/2024] <https://www.ericsson.com/en/portfolio/networks/ericsson-radio-system/radio-sitesystem/enclosure--power>

[08] MICROWAVE COMMUNICATION BASICS: THE THEORY, PRACTICES AND TECHNOLOGIES THAT LINK THE WIRELESS WORLD, COMMSCOPE: Morgan Kurk, chief technology officer. [04/04/2024] <https://www.commscope.com/globalassets/digizuite/2912-microwavecommunication-basics-ebook-co-109477-en.pdf?r=1>

[09] What is PSU and PDU?. 2021. [26/03/2024] <https://www.racksolutions.com/news/blog/what-is-psu-and-pdu/>

[10] What is a circuit breaker [27/03/2024] <https://www.eaton.com/ca/frca/products/electrical-circuit-protection/circuit-breakers/circuit-breakers-fundamentals.html>

[11] How Sunwoda Telecom Battery Backup System Works [27/03/2024] <https://www.sunwodaenergy.com/solutions/telecom-battery-backup-system.html>

[12] Mobile network automation [22 mars 2024]. <https://www.innovile.com/resources/insights/what-are-the-stages-of-mobile-networkautomation/>

[42] ROLE OF AUTOMATION IN MANUFACTURING INDUSTRIES INDUSTRIES: INTERNATIONAL JOURNAL OF CREATIVE RESEARCH THOUGHTS - IJCRT . Sushil Kumar Choudhary¹, R.S Jadoun², Arjun Kumar³, Dinesh Kumar Rao⁴ : April 6-7, 2018 [04/04/2024] file:///C:/Users/lydia/Downloads/IJCRTRIETS039.pdf

[13] Wang, R., Hu, H., & Yang, X. (2014). Potentials and Challenges of C-RAN Supporting Multi-RATs Toward 5G Mobile Networks. IEEE Access, 2, 1321-1332. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2014.2360555>.

[14] Gupta, A., & Jha, R. K. (2015). A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies. IEEE Access, 3, 1206-1232. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2015.2461602>.

[15] Abdulaziz Abdulghaffar, Ashraf Mahmoud, Marwan Abu-Amara, and Tarek Sheltami. "Modeling and Evaluation of Software Defined Networking Based 5G Core Network Architecture." IEEE Access, vol. 9, pp. 6781-6797, 2021. DOI: 10.1109/ACCESS.2021.3049945.