

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Ingénierie des Systèmes Electriques

Mémoire de Master

Présenté par

KACHKACH Selma

Si MOHAMED Kamelia

Filière : Télécommunications

Spécialité : Réseaux et Télécommunications

Conception D'un Mécanisme De Contrôle De la QoS Du Réseau Core.

Soutenu le 26/06/2024 devant le jury :

Président : M^{me} HAROUN

Examineur: Mr AKLIOUAT

Encadreur: M^{me} MECHID Samira

Année Universitaire : 2023/2024

Remerciements

Nous tenons dans un premier temps à remercier le bon dieu le tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté pour mener à bien ce modeste travail.

Avant tout, nous tiens à exprimer nos profondes gratitudees à notre promotrice **Mme. Mechid** pour la confiance qu'elle nous a accordée en acceptant de nous encadrer dans ce mémoire, nous la remercions pour son implication, ses conseils et l'intérêt qu'elle a porté pour notre travail.

Nous remercions tous les employés de **MOBILIS** à Dar el beida et notre encadreuse **Mme. KETANI Yasmine**, a été plus qu'une encadreuse de stage, elle nous a guidés, critiqués, fait des suggestions. Son encouragement permanent et son dynamisme organisateur nous ont énormément facilité la tâche. Nous lui remercions vivement pour tout.

Je souhaite également adresser mes remerciements sincères aux équipes **Team Leader Qualité de service Core** qui nous a proposés de faire ce choix de recherche, ont aussi facilité nos démarches et ont assuré le suivi tout au long de nos stages.

Nous adressons nos vifs remerciements aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail.

Enfin, que toute personne qui, d'une façon ou d'une autre, a contribué à la réalisation de cette étude trouve ici le témoignage de nos plus vives gratitudees.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A mon père **Mouloud** qui est ma source d'inspiration illimitée. Celui qui a toujours été là pour moi, tu n'as vraiment ménagé aucun effort pour me permettre d'atteindre mes objectifs. Merci pour ton écoute, ton sacrifice, ta patience, ta persévérance, ton don de soi.

À l'âme de ma mère **Ghania**, qui est la présence dans l'absence. Toi qui ne peux assister, ni partager cette réussite, à cette étape de ma vie. Sache que je te porte au plus profond de mon cœur. Que la lumière divine soit avec toi. Repose en Paix.

*À mes chères sœurs **Houda, Khadidja, Khouloud**, qui n'ont jamais cessé de me conseiller, d'encourager et de soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leur offre la chance et le bonheur qu'elles méritent.*

A tous **ma famille** et **mes amies** et ceux qui m'ont encouragé et m'ont aidé d'une façon ou d'une autre,

A Mon binôme **Kamelia** pour toute l'affection et tout le soutien qu'elle m'a apporté;

Et enfin, merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

KACHKACH Selma

Dédicaces

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 Kamel.

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

A mon cher grand frère Farid, ta générosité et ton amour me touchent profondément .merci pour ta présence dans ma vie !

A ma chère sœur Mounia et mes chers frères : Amine, Habib, Islem et Youcef qui n'ont pas cessée 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 mon adorable belle-sœur Linda qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

A toutes la famille SI MOHAMED et BEN AMROUCHE, Que Dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tous les voisins et les amis que j'ai connu jusqu'à maintenant. Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon binôme Selma pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

SI MOHAMED Kamelia

Résumé

Ce mémoire se concentre sur la conception d'un mécanisme de contrôle de la qualité de service (QoS) du réseau core. Il commence par présenter les différents services offerts par les réseaux mobiles, leur architecture et leurs nœuds. Les réseaux mobiles évoluent des réseaux commutés par circuits (CS) vers les réseaux commutés par paquets (PS), offrant ainsi des services comme le SMS et l'USSD.

L'accent est ensuite mis sur l'architecture PS, en détaillant les différentes générations de réseaux mobiles, de la 2G à la 4G, ainsi que leurs éléments communs. Les interfaces entre les différents éléments du réseau sont également décrites.

La partie centrale du mémoire est consacrée à la QoS, à sa définition, aux indicateurs clés de performance (KPI) et aux indicateurs clés de qualité (KQI). Un outil d'analyse des performances du réseau a été développé en utilisant Python et des plateformes de données, permettant de suivre et d'optimiser la QoS.

Les résultats obtenus démontrent l'importance d'un contrôle de la QoS dans les réseaux mobiles modernes, afin de garantir une expérience utilisateur optimale. Cet outil peut être déployé dans les réseaux opérationnels pour une analyse en temps réel de la QoS.

Mots clés : Réseaux mobiles, Qualité de service, Indicateurs de performance, Outils d'analyse, Python.

Abstract

This master's thesis focuses on the design of a quality of service (QoS) control mechanism for the core network. It begins by presenting the different services offered by mobile networks, their architecture and nodes. Mobile networks are evolving from circuit-switched (CS) networks to packet-switched (PS) networks, thus offering services such as SMS and USSD.

The emphasis is then placed on the PS architecture, detailing the different generations of mobile networks, from 2G to 4G, as well as their common elements. The interfaces between the different network elements are also described.

The central part of the thesis is devoted to QoS, its definition, key performance indicators (KPIs) and key quality indicators (KQIs). A tool for analyzing network performance has been developed using Python and data platforms, allowing monitoring and optimizing QoS.

The results obtained demonstrate the importance of QoS control in modern mobile networks, in order to guarantee an optimal user experience. This tool can be deployed in operational networks for real-time QoS analysis.

Keywords: Mobile networks, Quality of service, Performance indicators, Analysis tools, Python.

ملخص

هذه المذكرة تركز على تصميم آلية للتحكم في جودة الخدمة (QoS) في شبكة النواة. تبدأ بعرض الخدمات المختلفة التي توفرها الشبكات الخلوية، وهيكلتها ومكوناتها. حيث تطورت الشبكات الخلوية من الشبكات المفصولة بالدوائر (CS) إلى الشبكات المفصولة بالحزم (PS)، مما أتاح خدمات مثل الرسائل القصيرة والخدمات التفاعلية للرسائل القصيرة.

ثم يتم التركيز على هيكلية الشبكات المفصولة بالحزم، مع تفاصيل عن الأجيال المختلفة للشبكات الخلوية، من الجيل الثاني إلى الرابع، وكذلك العناصر المشتركة بينها. كما يتم وصف الواجهات بين مختلف عناصر الشبكة.

الجزء المركزي من الرسالة مخصص لجودة الخدمة، وتعريفها، ومؤشرات الأداء الرئيسية (KPI) ومؤشرات الجودة الرئيسية (KQI) تم تطوير أداة لتحليل أداء الشبكة باستخدام بايثون ومنصات البيانات، مما يتيح متابعة وتحسين جودة الخدمة.

النتائج التي تم التوصل إليها توضح أهمية التحكم في جودة الخدمة في الشبكات الخلوية الحديثة، من أجل ضمان تجربة مثلى للمستخدم. ويمكن نشر هذه الأداة في الشبكات التشغيلية لتحليل جودة الخدمة في الوقت الفعلي.

الكلمات المفتاحية: الشبكات الخلوية، جودة الخدمة، مؤشرات الأداء، أدوات التحليل، بايثون.

Table des matières

<i>Remerciements</i>	i
<i>Dédicaces</i>	ii
<i>Dédicaces</i>	iii
<i>Résumé</i>	iv
<i>Abstract</i>	v
<i>Liste des figures</i>	xii
<i>Liste des tableaux</i>	xiii
<i>Introduction générale</i>	1

chapitre 01:généralités sur les réseaux mobiles UMTS, LTE.

1.1	Introduction :	6
1.2	Les services offerts par le réseau Mobile :	6
1.2.1	Circuit Switched CS:	6
1.2.2	Packet Switched PS:	7
1.2.3	SMS (Short Message Service) :	7
1.2.4	USSD (Unstructured Supplementary Service Data) :	8
1.3	Architecture et nœuds PS:	9
1.3.1	Architecture PS:	10
1.	2 ^{ème} génération (GSM Global System for Mobile Communications):	11
2.	3 ^{ème} génération (UMTS Universal Mobile Telecommunications System) :	11
3.	4 ^{ème} génération(LTE) :	12
4.	Les éléments communs entre UMTS et LTE :	14
1.3.2	Les Interfaces :	15
1.4	DATA Flow :	17
1.5	Conclusion :	20

Chapitre 02:étude de la qualité de service (QoS).

2.1	Introduction :	22
2.2	Définition de la QoS :	22
2.3	Définition KPI's (Les indicateurs clés de performance) :	23
2.4	Définition KQI :	23
2.5	Compteurs :	23
2.6	Exemples de KPIs :	24

2.6.1	Trafic :	24
2.6.2	Throughput (Débit) :	26
2.6.3	Nombre d'abonné :	26
2.6.4	Attach succes rate :	27
2.6.5	PDP (Packet Data Protocol) Context Succes Rate:	27
2.7	Analyse des performances Réseaux :	28
2.8	Résumé des KPIs:	31
2.9	Conclusion :	32

Chapitre 03: Conception et Analyse.

3.1	Introduction :	34
3.2	Présentation de l'environnement de travail :	34
3.2.1	Python :	34
3.2.2	Description des plateformes de données :	36
1.	Huawei :	36
2.	Ericsson :	37
3.	Étapes d'extraction des fichiers :	38
3.3	Déclaration des inputs :	39
3.3.1	Déclaration des fichiers :	39
3.3.2	Déclaration des variables :	39
3.3.3	Déclaration des formules sur le script :	41
3.4	Déclaration des outputs sur le script :	44
3.5	Visualisation des résultats :	51
3.5.1	Test et analyse des résultats :	51
3.5.1.1	Implémentation d'une Interface Graphique pour la Visualisation des Performances Réseaux :	51
3.5.1.2	Analyse des résultats :	52
3.6	Conclusion :	62
	<i>Conclusion générale</i>	xv
	Bibliographie :.....	xvii

Liste des abréviations

A

Auc: Authentication Center.

APN: Access Point Name.

B

BTS: Base Transceiver Station.

BSC: Base Station Controller.

BO: Business Objects.

C

CS: Circuit Switched.

CN: Core Network.

E

EIR: Equipment Identity Register.

EPC: Evolved Universal Packet Core.

E_NodesB: Evolved NodeB.

E-UTRAN: Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network.

G

GSM: Global System for Mobile Communications.

GGSN: Gateway GPRS Support Node.

GUTI: Global Unique Temporary Identifier.

GMSC: Gateway Mobile Switching Center.

H

HLR: Home Location Register.

HSS: Home Subscriber Server.

I

ID: Identification.

IMEI: International Mobile Equipment Identity.

IP: Internet Protocol.

IMSI: International Mobile Subscriber Identity.

ICT: Information and Communication Technologies.

ITU: International Telecommunication Union.

K

KPI: Key Performances Indicator.

KQI: Key Quality Indicator.

L

LTE: Long Term Evolution.

M

MMS: Multimedia Messaging Service.

MS: Mobile Station.

MME: Mobility Management Entity.

MM: Mobility Management.

MSC: Mobile Switching Center.

O

OCS: Online Charging System.

OSS: Operation and Support Sub-System.

P

PS: Packet Switched.

PGW: Packet Data Network Gateway.

PCRF: Policy and Charging Rules Function.

PDP: Packet Data Protocol.

Q

QoS: Quality of Service.

R

RAN: Radio Access Network.

RNC: Radio Network Controller.

S

SMS: Short Message Service.

SGW: Serving Gateway.



SS7: Signaling System 7.

SDN: Software Defined Networking.

SGSN: Serving GPRS Support Node.

SM: Session Management.

SIM: Subscriber Identification Module.

U

UMTS: Universal Mobile Telecommunication System.

USSD: Unstructured Supplementary Service Data.

UTRAN: Universal Terrestrial Radio Access Network.

UE: User Equipment.

V

VLR: Visitor Location Register.

Liste des figures

Figure 1-1 : Architecture PS de Réseau.....	10
Figure 1-2 : Procédure d'attachement et d'établissement de session LTE.....	18
Figure 2-1: hourly Traffic (in kb).	29
Figure 2-2: daily Traffic (in kb).	29
Figure 2-3: weekly Traffic (in kb).	30
Figure 3-1 : importation des bibliothèques.....	35
Figure 3-2 : Plateforme de connexion à Master MAE.....	37
Figure 3-3 : plateforme de connexion pour SAP Business Objects.....	38
Figure 3-4 : définition des formules pour le trafic et le throughput.....	41
Figure 3-5 : définition des formules pour Attach succes rate et pdp contexte.....	42
Figure 3-6 : définition des formules pour le nombre d'abonnés.....	42
Figure 3-7 : définition des formules pour le trafic et le throughput.....	43
Figure 3-8 : définition des formules pour l'attach succes rate et pdp contexte.....	43
Figure 3-9 : définition des formules pour le nombre d'abonnés.....	43
Figure 3-10 : Trafic SGi/Gi par NE Name.....	44
Figure 3-11 : Trafic SGi/Gi total.....	44
Figure 3-12 : Total trafic par NE Name.....	45
Figure 3-13 : Total trafic.....	45
Figure 3-14 : Tableau du maximum throughput.....	46
Figure 3-15 : Camembert des pourcentages.....	46
Figure 3-16 : Calcul des pourcentages pour Attach succes rate et pdp contexte.....	47
Figure 3-17 : Calcul du nombre d'abonnés.....	47
Figure 3-18 : trafic SGi/Gi par nœud.....	48
Figure 3-19 : total SGi/Gi trafic.....	48
Figure 3-20 : total trafic par nœud.....	49
Figure 3-21 : total trafic.....	49
Figure 3-22 : Tableau du maximum throughput.....	49
Figure 3-23 : camembert des pourcentages.....	50
Figure 3-24 : Calcul des pourcentages pour Attach SR, attach 2G, attach 3G, et attach 4G.....	50
Figure 3-25 : Calcul du nombre d'abonnés.....	50
Figure 3-26 : interface principale.....	51
Figure 3-27 : trafic and throughput huawei.....	52
Remarque :.....	53
Cette analyse du trafic total SGi et Gi peut aider à comprendre les besoins en capacité du réseau et à dimensionner les infrastructures de manière adaptée aux variations de trafic.....	53
Figure 3-28 : attach, pdp and nombre des abonnés.....	55
Figure 3-29 : traffic and throughput Ericsson.....	57
Figure 3-29 : attach, pdp and nombres d'abonnés Ericsson.....	60

Liste des tableaux

Tableau 1-1 : Les interfaces d'UMTS et LTE. (4) (5) (6).....	17
Tableau 2-1: Résumé des KPIs	32
Tableau 3-1 : déclaration des fichiers.	39
Tableau 3-2 : déclaration des variables.	41

Introduction générale

Les réseaux de téléphonie mobile représentent une toile dynamique et prolifique, offrant une pléthore de services essentiels aux utilisateurs, tels que la voix, la transmission de données et les SMS. Au sein de ces réseaux, les parties PS (Packet Switched) et CS (Circuit Switched) jouent des rôles fondamentaux dans la transmission de données et la gestion des appels. De même, le service SMS (Short Message Service) demeure une fonctionnalité clé dans la communication mobile.

La nécessité de rester joignable et connecté en tout lieu, de pouvoir communiquer même en se déplaçant, s'impose de plus en plus. En réponse favorable à ce besoin, le secteur de télécommunications a été développé en parallèle.

La démonopolisation du secteur de télécommunications en Algérie a fait naître plusieurs opérateurs favorisant une concurrence à la fois ouverte et serrée, dans le but d'attirer le maximum de consommateurs.

Cette concurrence est telle que le client cherche les meilleurs services aux meilleurs prix. Qui dit meilleur service, dit aussi « qualité de service », laquelle fortement défendue dans les recommandations de l'UIT (Union Internationale des Télécommunications) qui détermine la satisfaction et le choix réel du client vis-à-vis d'un opérateur.

Dans le processus de réalisation de notre mémoire, notre cadre d'étude et de recherche a été au niveau de l'opérateur ATM MOBILIS. Cet opérateur, leader dans le marché algérien qui est une filiale d'Algérie Télécom qui propose à ses clients différents services.

Les experts du département utilisent des indicateurs clés de performance (KPI) pour garantir une expérience client optimale dans les différents services principaux.

Le service de données (data plan) est le plus utilisé, consommé et tendance et il est en constante évolution. Il nécessite un suivi quotidien des performances réseau, qui est essentiel. Ce suivi est effectué en analysant des fichiers Excel (format xlsx) provenant des plateformes Huawei et Ericsson.

Dans notre projet, nous expliquerons comment cette analyse est réalisée de manière semi-automatique à l'aide de macros créées sur des fichiers Excel.

Cependant, cette analyse rencontre certains problèmes, tels que le débogage, une consommation importante de ressources en termes de nombre de fichiers et de temps. C'est pourquoi il est essentiel d'automatiser ce suivi de la qualité de service core afin de faciliter la tâche.

Problème rencontrés :

- La multitude impressionnante de fichiers Excel utilisés.
- Le processus de débogage des scripts, qui demande une durée considérable.
- L'accroissement du temps consacré à l'analyse approfondie et à l'interprétation.
- L'augmentation des effectifs nécessaires pour exécuter les opérations.
- Les problèmes de compatibilité des plateformes.
- Les problèmes de délais de réponse.

Solution proposées :

Mettre en place un système automatisé de suivi des tâches et développer une application représente une solution importante, majeure et cruciale pour rendre les tâches quotidiennes des experts en réseaux plus fluides, simples et moins complexes.

Cette approche vise à réduire le nombre de fichiers, à minimiser les erreurs et les problèmes de débogage, à simplifier l'interprétation des données, à détecter les problèmes de dégradation du réseau et à améliorer l'efficacité de l'analyse, tout en optimisant le temps disponible.

Notre travail est rapporté dans le présent mémoire, organisé de la manière suivante :

- Le premier chapitre est consacré à une présentation générale sur les réseaux mobiles, nous avons choisi le service data pour une étude plus approfondie.
- Dans le deuxième chapitre, nous aborderons l'étude de la qualité du réseau en introduisant la relation entre le concept de qualité de service et les indicateurs de performance du réseau (KPI).

- Le dernier chapitre est consacré à la partie pratique et le développement de notre application de supervision de la qualité de service.

Enfin, nous terminerons par nos propositions de solutions en vue d'une optimisation des indices de performance du réseau soigneusement étudié.

chapitre 1:

Généralités Sur les Réseaux Mobile (UMTS, LTE)

1.1 Introduction :

Les réseaux de téléphonie mobile sont des réseaux riches et dynamiques qui offrent plusieurs services aux utilisateurs tels que la voix, data, sms...

Dans ces réseaux, les parties PS (Packet Switched) et CS (Circuit Switched) représentent deux volets essentiels pour la transmission de données et la gestion des appels. En plus de ces deux volets, le service SMS (Short Message Service) est également une fonctionnalité clé dans la communication mobile.

Dans notre projet nous allons nous focaliser sur la partie Data (PS) qui sera l'objet de notre étude. Cette dernière sera étudiée en présentant son architectures les nœuds qui patient à offrir le service data aux clients, les interfaces ainsi que le data flow.

1.2 Les services offerts par le réseau Mobile :

Afin d'améliorer ces services, les opérateurs améliorent leurs parcs d'abonnés et d'assurer la fidélisation clientèles face à la concurrence ils doivent offrir plusieurs services aux clients toute en assurant une meilleure qualité de service.

Vous trouverez ci-dessous les services de base offerts par ces opérateurs :

1.2.1 Circuit Switched CS:

Dans les réseaux 2G (GSM) et 3G (UMTS), la partie CS du réseau gère la voix. Elle utilise des circuits dédiés pour fournir des appels vocaux de qualité et d'autres services basés sur des circuits qui permettant à l'appel téléphonique d'avoir lieu entre l'appelé et l'appelant pendant toute la durée de la communication.

Appels Audio : lorsqu'on fait un appel, le réseau CS crée un chemin spécial juste pour cette conversation. Ce chemin reste ouvert jusqu'à ce que l'appel se termine, assurant ainsi un appel sans coupure et sûr.

Chemins Spéciaux : Les appels dans le CS ont leur propre espace sur le réseau qu'on ne partage pas. Ça veut dire que personne d'autre n'utilise cette partie du réseau pendant l'appel. Ça fait que l'appel est clair et ne coupe pas.

Services de Base : Le CS s'occupe des services habituels comme les appels téléphoniques, les appels vidéo, et d'autres services pareils qui ont besoin d'une bonne connexion.

Points Clés : Les parties les plus importantes du réseau CS sont le MSC (le centre qui change l'itinéraire des appels pour les téléphones mobiles), le GMSC (le responsable de la liaison entre les réseaux) et le VLR (le responsable de localisation des gens). Ils s'assurent que les appels atteignent leur destination et que le réseau sait où se trouvent les utilisateurs.

1.2.2 Packet Switched PS:

Les réseaux 3G (UMTS) et 4G (LTE) s'appuient sur la partie PS, ou commutation de paquets, gère les informations et les services utilisant des paquets de données, tels que la navigation sur Internet, le streaming vidéo et le courrier électronique. Ces informations sont divisées en petits blocs et envoyées sur le réseau, en suivant de nombreux itinéraires différents.

Par rapport à la commutation de circuits, avec la commutation de paquets les données voyagent de manière séparée, ce qui optimise l'utilisation de la bande passante et répond mieux aux besoins changeants des utilisateurs.

Les services PS fonctionnent souvent avec le protocole IP, ce qui permet de fonctionner avec de nombreuses applications et services web.

Les points centraux du réseau PS sont le SGW et le PGW, qui gèrent l'envoi des données entre le matériel de l'utilisateur et d'autres réseaux.

1.2.3 SMS (Short Message Service) :

Le SMS est un service de messagerie texte largement utilisé dans les réseaux mobiles. Voici quelques services offerts par SMS :

Messages texte courts : Le SMS permet l'envoi de messages texte courts entre les abonnés du réseau. Ces messages peuvent être envoyés et reçus en temps réel.

Stockage temporaire : Les messages SMS sont stockés temporairement dans le SMSC (Short Message Service Center) s'ils ne peuvent pas être livrés immédiatement. Le SMSC est le nœud responsable de la gestion et de l'acheminement des messages SMS.

Protocole de signalisation : Le SMS utilise des protocoles de signalisation spécifiques pour l'acheminement des messages. Le protocole SS7 (Signaling System 7) est souvent utilisé pour les fonctions de signalisation dans les réseaux mobiles.

Compatibilité universelle : Le SMS est largement compatible avec tous les types de téléphones mobiles et est pris en charge par la plupart des réseaux mobiles dans le monde entier.

1.2.4 USSD (Unstructured Supplementary Service Data) :

L'USSD est un moyen de communication direct et instantané, fonctionne entre les téléphones mobiles et le réseau de l'opérateur. À la différence du SMS, qui se sauvegarde dans le téléphone, l'USSD est actif seulement durant l'échange.

Voilà quelques points sur l'USSD :

Interactivité : Grâce à l'USSD, les utilisateurs peuvent accéder à un menu textuel pour utiliser différentes fonctions sur le réseau mobile, comme vérifier son crédit, ajouter des fonds ou choisir des options de services mobiles.

Session : L'USSD fonctionne en direct. Alors que le SMS peut être conservé pour une lecture ultérieure, l'USSD permet de partager des informations immédiatement pendant l'échange.

Format : Les codes USSD sont courts et faciles à retenir, souvent ils commencent par une étoile (*) et finissent par un dièse (#). Par exemple, pour voir le solde de crédit restant, on pourrait taper *600#.

Utilisation : L'USSD est utilisé pour des actions nécessitant une exécution rapide, comme vérifier le solde de crédit, demander des informations sur son forfait ou accéder à des services bancaires sur mobile.

Comme le service Data est le service le plus consommable par les clients et le service clés, nous allons focaliser notre étude sur cette partie :

1.3 Architecture et nœuds PS:

Afin d'améliorer la prestation des services aux clients, d'assurer la continuité des services en cas de panne et faciliter le dépannage pour les ingénieurs réseau, un principe éprouvé est mis en place. Ce principe repose sur la séparation des rôles des équipements, notamment en séparant le plan de contrôle du plan de données, en utilisant la technologie **SDN** (Software-Defined Networking) :

- **Le niveau de contrôle (control plan) :**

C'est la partie responsable de la gestion des messages de signalisation afin d'offrir le service au client .elle permet de consulter les bases de données (HLR/HSS) pour vérifier les informations des clients et déterminer si le client a le droit au service (EIR, AUC, PCRF, OCS).

- **Le niveau de donnée (data plan) :**

C'est la partie responsable de la logique de routage et de la prise de décision concernant les chemins à emprunter par les données et la gestion de trafic.

L'objectif de cette approche est de centraliser la logique de contrôle dans un contrôleur logiciel, tandis que les équipements réseau tels que les commutateurs et les routeurs se concentrent sur la transmission des données.

1.3.1 Architecture PS:

Notre étude se concentrera sur la forte évolution du PS à travers la transition des réseaux 3G aux réseaux 4G.

Nous allons présenter ici l'architecture et les différents éléments qui composent la structure de commutation de paquets.

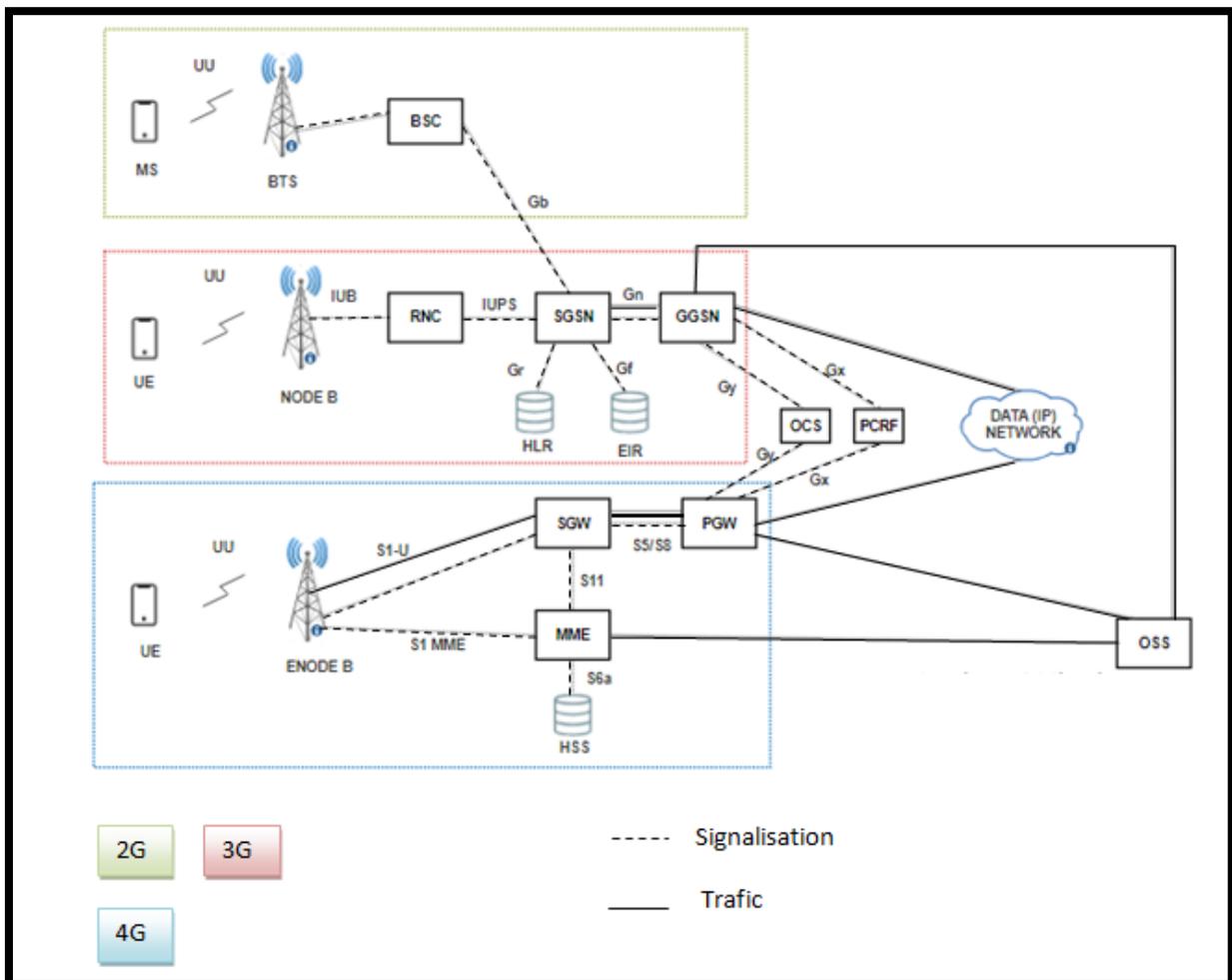


Figure 1-1 : Architecture PS de Réseau.

1. 2^{ème} génération (GSM Global System for Mobile Communications):

Le GSM est un standard de communication de téléphonie mobile utilisé pour la transmission de données numériques de faible volume, telles que les SMS, les MMS et les e-mails, via le réseau mobile. Cette fonctionnalité permet aux utilisateurs de communiquer, d'échanger des messages et d'accéder à des services en ligne via leur téléphone portable.

L'architecture de GSM est divisée en deux parties principales : un cœur de réseau **CN** (Core Network) et un réseau d'accès **RAN** (Radio Access Network).

a) RAN (Radio Access Network) :

Qui se compose du :

- **MS (Mobile Station) :** C'est un équipement portable comme un Smartphone, une tablette ou un modem.
- **BTS (Base Transceiver Station):** L'équipement inclut le dispositif radio et l'antenne pour les communications et la signalisation cellulaire.
- **BSC (Base Station Controller):** C'est l'organe intelligent du sous-système radio. Le contrôleur de stations de base gère une ou plusieurs stations et remplit différentes fonctions de communication et d'exploitation.

2. 3^{ème} génération (UMTS Universal Mobile Telecommunications System) :

L'UMTS représente un standard récent pour les réseaux de téléphonie mobile, ouvrant la voie à de nouveaux produits et services multimédias. Un point complexe à résoudre était de passer d'un service de téléphonie (à connexion circuit) vers un service DATA (connexion paquets). (1)

L'architecture de l'UMTS est divisée en deux Parties principales un cœur de réseau **CN** (core network) et d'un réseau d'accès **UTRAN** (Universal Terrestrial Radio Access Network) tout en assurant le principe SDN:

a) UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network) :

L'UTRAN : se compose du **NodeB** qui communique avec l'**UE** et du **RNC** afin de superviser la gestion des ressources radio, les transferts et la gestion de la mobilité.

- **UE (User Equipment) :** tout appareil qui accède à l'internet par l'intermédiaire d'une carte SIM, qui composé de la **MS** (mobile station) et de la **SIM** (carte à puce).
 - **SIM :** petite carte à puce, stocke les données comme le numéro **IMSI** (International Mobile Subscriber Identity) de l'utilisateur.
- **NodeB :** c'est un équipement essentiel pour la gestion d'envoi et la réception des signaux radio dans les cellules du réseau UMTS pour les utilisateurs.
- **RNC (Radio Network Controller):** Le rôle principal du RNC est de router les communications entre le NodeB et le réseau core de l'UMTS. (2)

b) **CN (core network):**

Il s'appuie sur le **SGSN** qui assure la capacité de commutation par paquets et la gestion du routage des données, et le **GGSN** qui fait office de passerelle entre le SGSN et les réseaux externes comme Internet.

- **SGSN (Serving GPRS Support Node) :** Il gère les messages de signalisation, comme l'enregistrement des utilisateurs dans une zone de routage RA (Routing Area), et la gestion de la mobilité.
- **GGSN (Gateway GPRS Support Node) :** Il est responsable de la gestion du trafic et fait office de passerelle vers les réseaux à commutation de paquets externes comme Internet.
- **HLR (Home Location Register):** c'est une base de données statique qui contient les informations des abonnés, assure la localisation, authentification et accès aux services.

3. **4^{ème} génération(LTE) :**

La 4G est une norme de télécommunications sans fil qui offre des performances supérieures par rapport aux technologies précédentes telles que la 3G, Elle propose des vitesses de connexion plus rapides et une meilleure efficacité spectrale.

Le réseau mobile de la quatrième génération est constitué d'un cœur de réseau **EPC** (Evolved Packet Core) et d'un réseau d'accès **E-UTRAN** (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network).

a) **E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network):**

E-UTRAN est l'évolution d'UTRAN dans le réseau UMTS. Il ne contient que des stations de base radio appelées E-NodeB (Evolved NodeB). Il permet d'assurer la communication entre EPC et l'équipement mobile de l'abonné (UE) et il est le responsable de la gestion de ressource radio, de la sécurité et de la connectivité vers le réseau cœur évolué. (3)

➤ **E-nodeB :**

L'E-NodeB est l'équivalent de NodeB et RNC dans l'UMTS. Ce sont des antennes qui relient les UE avec le réseau cœur du réseau LTE. Ils fournissent la fonctionnalité du contrôleur radio qui réside dans l'E-NodeB, le résultat étant plus efficace, plus performant côté transmission de signal et réseau moins latent. Par exemple, la mobilité est déterminée par l'E-NodeB à la place de BSC ou RNC. (3)

b) **EPC (Evolved Packet Core) :**

Le cœur de réseau, appelé EPC (Evolved Packet Core) utilise des technologies « full IP ». L'EPC permet d'assurer la gestion des utilisateurs, la mobilité, la qualité de service (QoS) et la sécurité. Il est constitué de plusieurs équipements qui fonctionnent ensemble dont nous allons détailler chaque élément.

➤ **MME (Mobility Management Entity) :** c'est l'équivalent de la SGSN. Elle représente la colonne vertébrale du réseau. c'est une base de données qui contient les profils des abonnés présents dans une zone X, le MME gère :

- Les messages de signalisation.
- La procédure d'attachement des abonnés au réseau.
- Mobility management.
- Tracking area-update.

- **SGW (Serving Gateway) :** elle représente la passerelle de l'handover, qui assure la signalisation et le transfert de données entre eNodeB et le réseau. En cas de mobilité du destinataire elle stocke les données jusqu'à l'attachement à la nouvelle eNodeB.
- **PGW (Packet Data Network Gateway) :** ce nœud est responsable sur le data plan, il connecte le réseau LTE aux réseaux externes tel que « Internet » pour envoyer et recevoir les paquets de données et assure l'allocation des adresses IP aux UE.
- **HSS (Home Subscriber Server):** c'est une base de données statistique qui contient les informations de toutes les abonnés du réseau similaires au HLR, elle est principalement désignée à l'authentification des utilisateurs, l'autorisation, la sécurité et fournit une localisation détaillée à l'utilisateur.

❖ **OSS (Operation SubSystem) :**

L'administration du réseau comprend toutes les activités qui permettent de mémoriser et de contrôler les performances d'utilisation et les ressources de manière à offrir un niveau correct de qualité aux usagers.

4. **Les éléments communs entre UMTS et LTE :**

- **PCRF (Policy and Charging Rules Function) :** est un nœud essentiel dans les réseaux mobiles, il est responsable sur l'attribution de la QoS et la gestion des règles de tarification pour les services de données.
- **OCS (Online Charging System) :** est un équipement crucial pour les opérateurs de téléphonie mobile qui leur permet de calculer le coût de la consommation d'un service donné en utilisant les informations comptables.
- **EIR (Equipment Identity Register):** est une base de données qui contient un enregistrement de toutes les stations mobiles (MS) autorisées sur un réseau, ainsi que toutes les données des appareils interdits.

L'identité de la station mobile est indiquée par l'International Mobile Equipment Identity (IMEI). Pour chaque appel, le MSC demande l'IMEI de la station mobile, qui est ensuite envoyé à l'EIR pour autorisation.

1.3.2 Les Interfaces :

Plusieurs types d'interfaces de communication coexistent au sein du réseau :

technologie	Interfaces	Liens entre	explication
UMTS	UU	UE et NODEB	Une interface logique qui sert à connecter le terminal mobile à la station de base par l'intermédiaire d'une liaison radio.
	IUB	NODEB et RNC	Une fois établi le premier lien entre un terminal et le réseau, le node B assigne un point de terminaison de trafic à ce terminal pour une durée de connexion.
	IUPS	RNC et SGSN	prend en charge les services intégrés de l'UMTS tels que le multimédia et l'itinérance mondiale pour les utilisateurs mobiles
	Gr	SGSN et HLR	Elle est utilisée lorsque le SGSN contacte le HLR afin d'obtenir des données liées aux profils des abonnés et à la gestion de la mobilité.
	Gn	SGSN et GGSN	Cette interface permet d'envoyé les messages de signalisation afin d'activé le PDP contexte et passé le trafic vers le réseau externe (contrôle plan & user Plan).
	Gf	SGSN et EIR	Elle permet de vérifie l'authenticité de l'équipement mobile auprès de l'EIR. Elle est supportée par le protocole SS7.
	Gb	BSC et SGSN	l'interface Gb sont confinées dans plusieurs protocoles qui ont plusieurs fonctions comme le routage des paquets, le cryptage des données et la compression des données afin d'économiser la bande passante.

technologie	Interfaces	Liens entre	explication
	Gi	GGSN et internet	Utilisé pour échanger des données avec des réseaux de données par paquets externes.
LTE	LTE-Uu	UU et ENODEB	connecte l'UE à l'eNode B par voie hertzienne, est utilisée comme l'un des plusieurs liens de transport pour le Protocole de Positionnement LTE.
	S1 MME	Enodeb et MME	point de référence pour le protocole du plan de contrôle entre le réseau E-UTRAN et le MME.
	S1 U	ENODEB et SGW	Cette interface utilise une simple pile afin d'encapsuler les données d'utilisateurs.
	S11	MME et SGW	Une interface pour le plan de contrôle Elle fournit un tunnel de transmission entre les utilisateurs.
	S6a	MME et HSS	Il permet le transfert de données , d'abonnement et d'authentification pour authentifier et autoriser l'accès de l'utilisateur au système évolué.
	S5/S8	SGW et PGW	S5 : assure la tunnelisation du trafic d'utilisateur et la gestion des tunnels. Il permet le handover dû à la mobilité de l'utilisateur.
			S8 : connecte une passerelle SGW du réseau mobile public à une passerelle PGW du réseau mobile public local de l'abonné itinérant.
Gx	GGSN et PCRF PGW et PCRF	Il assure le transfert des règles de politique (QoS) et de tarification de la PCRF à la fonction d'application de la politique et de la tarification.	

technologie	Interfaces	Liens entre	explication
	SGi	PGW et internet	C'est l'interface vers les réseaux de données par paquets externes tels que (Internet, réseaux d'entreprise).
	Gy	GGSN et OCS PGW et OCS	est utilisée pour le contrôle du crédit et la facturation en ligne.

Tableau 1-1 : Les interfaces d'UMTS et LTE. (4) (5) (6)

1.4 DATA Flow :

Pour que le service Data soit offert aux utilisateurs finaux, un échange de messages de signalisation est effectué entre l'ensemble des équipements réseau, chacun selon sa fonctionnalité, le data flow permet de bien visualiser et comprendre ce processus qui est divisé en deux parties :

⇒ **MM : Mobility Management :**

C'est un échange de messages de signalisation qui permet au réseau d'identifier, d'authentifier et d'attacher l'utilisateur au réseau.

⇒ **SM : Session Management :**

Ce sont les messages de signalisation qui permettent de créer un PDP contexte, c'est-à-dire d'attribuer une adresse IP à l'abonné pour pouvoir profiter d'accéder au réseau externe qui va être passé par le tunnel depuis l'utilisateur vers le réseau externe.

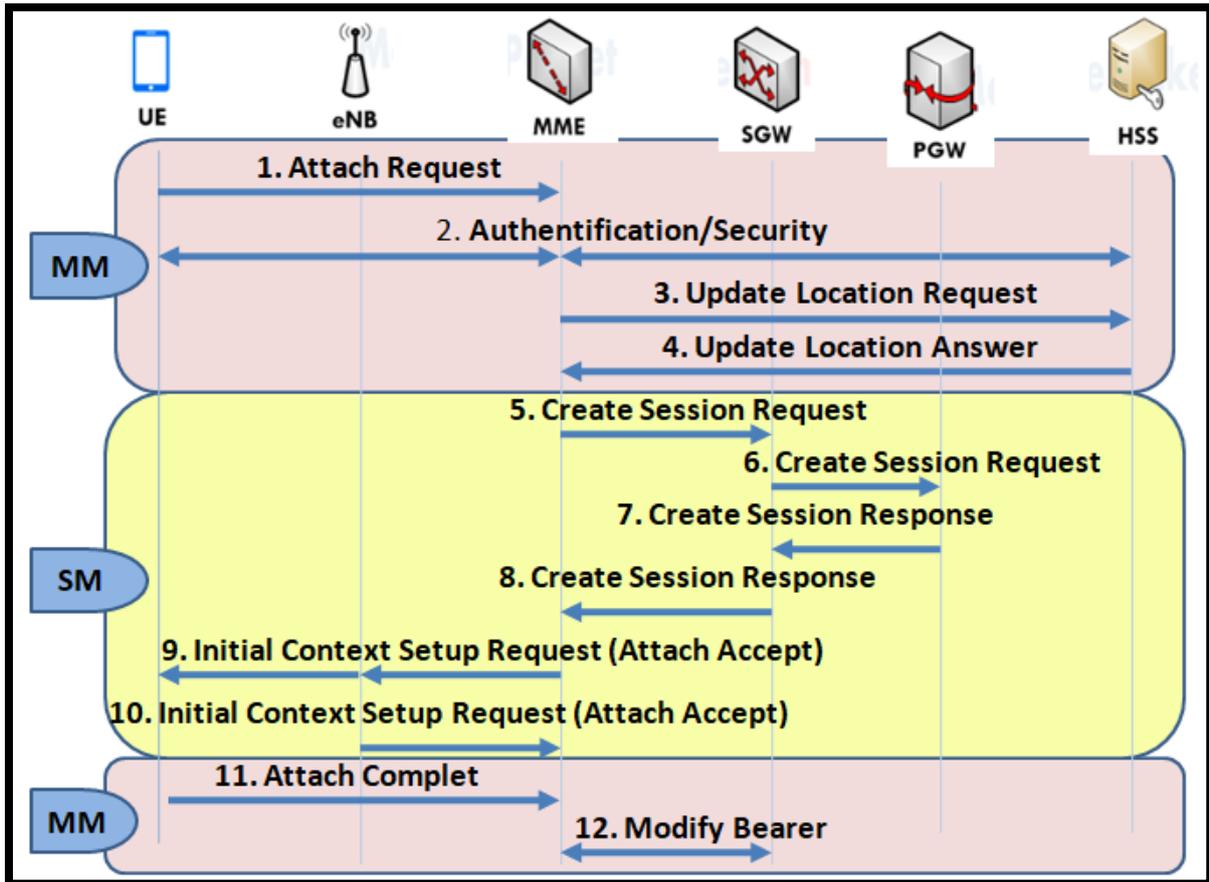


Figure 1-2 : Procédure d'attachement et d'établissement de session LTE.

1. Attach Request:

L'UE envoie une "demande d'attachement" au MME. Cette demande comprend le GUTI de l'UE reçu lors de la dernière connexion et l'APN auquel l'UE souhaite se connecter.

2. Authentication/Security:

Le MME procède à l'authentification et à la sécurisation de l'UE, afin d'authentifier l'UE et de sécuriser les messages échangés entre le MME et l'UE.

3. Update Location Request:

Le MME envoie une "demande de mise à jour de la localisation" au HSS, qui inclut l'ID du MME. En effet, le HSS doit toujours connaître l'ID du MME qui dessert actuellement l'UE.

4. Update Location Answer:

Le HSS répond par " La Réponse de Mise à Jour de la Localisation". Cette réponse comprend les informations de localisation de l'UE.

5. Create Session Request:

Le MME commence alors à créer le support EPS entre l'UE et le PGW en envoyant une "demande de création de session" au SGW. Cette demande comprend l'APN, type IP (ipv4,ipv6 ,ipv4ipv6) auquel l'UE souhaite se connecter.

6. Create Session Request:

Le SGW envoie une "demande de création de session" au PGW, y compris l'APN auquel l'UE souhaite se connecter.

7. Create Session Response:

Le PGW attribue une adresse IP et un profil de qualité de service à ce support EPS et répond par une "réponse de création de session" comprenant l'adresse IP et la qualité de service que le PGW a attribuées au support.

8. Create Session Response :

Le SGW envoie une "réponse de création de session" au MME, y compris l'adresse IP et la qualité de service que le PGW a attribuée au support.

9. Initial Context Setup Request (Attach Accept):

Le MME envoie une "demande de configuration du contexte initial" à l'eNodeB. Ce message contient le " Attach Accept " que l'eNodeB doit transmettre à l'UE. Le message " Attach Accept " inclut l'adresse IP et les paramètres de qualité de service du support EPS.

10. Initial Context Setup Request (Attach Accept):

L'eNodeB établit le support radio avec l'UE et répond au MME par une "réponse d'établissement du contexte initial".

11. Attach Complet :

L'UE répond à la MME par "Attach Complete".

12. Modify Bearer :

Enfin, le MME effectue une "modification du support" avec le PGW, afin d'achever l'échange des paramètres du support EPS.

1.5 Conclusion :

La transition des réseaux mobiles UMTS vers LTE représente une évolution significative vers des réseaux plus performants et efficaces, notamment dans leur architecture et leur flux de données en mode commutation de paquets. Afin que les utilisateurs finaux puissent profiter d'une meilleure qualité de service, la supervision et étude de tous les messages de signalisation sont primordiales.

chapitre 2:

Etude de la qualité de service (QOS) du Réseau.

2.1 Introduction :

L'objectif principal d'un opérateur est de regrouper le plus grand nombre d'abonnés pour pouvoir augmenter son chiffre d'affaire, pour cela chaque opérateur mobile devra se focaliser sur les demandes de ses clients ainsi pour augmenter son parc d'abonnés, pour ça il doit se préoccuper sur l'amélioration de son réseau (couverture, ...) et des paramètres de la Qualité de service (débit, latence). (7)

Dans ce chapitre nous avons adopté une approche qui permet de contrôler la QoS et de détecter les dysfonctionnements du réseau afin de mener à des actions et interventions de maintenance réseau.

Pour maîtriser la Qualité de service, nous allons nous focaliser sur des Indicateurs Clés de Performance (KPIs). Nous allons également détailler les KPIs des services de données sur lesquels nous allons nous concentrer lors de notre étude, avec leur formule, la signification de chaque indicateur, ainsi que la méthode d'analyse de chacun.

2.2 Définition de la QoS :

La qualité de service est un concept de gestion qui a pour but d'optimiser les ressources d'un réseau et de garantir de bonnes performances aux applications critiques pour l'organisation et permet d'offrir aux utilisateurs des débits et des temps de réponse différenciés par applications suivant les protocoles mis en œuvre au niveau de la structure. (8)

La QoS est défini comme étant l'effet global produit par la qualité de fonctionnement d'un service qui détermine le degré de satisfaction de l'utilisateur du service. Elle doit considérer deux aspects importants qui sont la capacité d'un réseau à fournir le service avec un niveau bien déterminé, et comment satisfaire l'utilisateur final avec ce service, en termes d'usage, d'accessibilité, de continuité et de son intégrité. (9)

2.3 Définition KPI's (Les indicateurs clés de performance) :

Les indicateurs clés de performance d'un réseau d'accès sont des valeurs représentatives permettant d'évaluer la performance du système. Ces valeurs sont obtenues à partir d'une ou de plusieurs mesures brutes (compteurs) bien définies sur un aspect critique de la performance globale d'une situation.

Ces indicateurs permettent de surveiller et d'optimiser les performances du réseau, afin de fournir un meilleur service aux abonnés ou d'obtenir une meilleure utilisation des ressources installées sur le réseau.

Les KPI sont des valeurs calculées à partir des compteurs en utilisant des formules et en compilant différentes données. Ils évaluent essentiellement le maintien de l'appel, le volume du trafic et la qualité du service sur l'ensemble du réseau. Les KPI permettent ainsi de détecter les cellules défectueuses, les heures de pointe, etc. Un seuil limite est déterminé pour chaque KPI, s'il est dépassé une alarme est envoyée à la supervision pour indiquer la présence d'un problème sur la fonction que le KPI mesure.

2.4 Définition KQI :

Est l'acronyme de « Key quality indicator » en anglais ce qui traduit en français « indicateur clé de qualité », c'est des mesures importante de mesure spécifiques utilisée pour évaluer les performances d'un processus,

Cette métrique mesure la qualité d'excellence d'une tâche ou d'un projet. Pour déterminer la qualité, en comparant deux éléments ou plus qui sont similaires pour voir lequel donne les meilleurs résultats.

2.5 Compteurs :

Un compteur est un dispositif qui enregistre et rapporte les données sur l'utilisation du réseau tel que le nombre d'appels effectués, les durées des appels, les types de données transférées, etc.

Ces informations sont souvent utilisées pour la facturation, la gestion du réseau et l'analyse des tendances d'utilisation.

2.6 Exemples de KPIs :

➤ On présente quelques exemples de KPIs :

2.6.1 Trafic :

Le trafic d'un réseau mobile désigne la quantité d'information transmise d'un émetteur vers un récepteur durant un moment donné de temps, par exemple une heure depuis le service.

Il existe trois types de trafic dans les réseaux mobiles:

- **Trafic Voice [ErL]** : mesure la durée pendant laquelle les circuits sont occupés par les abonnés pour des appels vocaux pendant une période spécifique.
- **Trafic SMS [NBR]** : indique le nombre de messages SMS échangés entre les abonnés pendant une période spécifique.
- **Trafic data [TB]**: représente le volume (quantité) de paquets de données échangés entre les abonnés pendant un intervalle de temps défini.

❖ Les formules :

Chaque opérateur est défini par formule précis comme suivant :

a) **Kqi :**

$$\mathbf{Total\ traffic = traffic\ Gi + traffic\ SGi} \quad (1)$$

(10)

Avec :

Traffic Gi : c'est le trafic passant par l'interface Gi (GGSN).

Traffic SGi : c'est le trafic passant par l'interface SGi (PGW).

b) Kpi :

⇒ **Trafic Gi = trafic 2G + trafic 3G**

$$\begin{aligned} \text{Traffic Gi} &= \text{Gi Uplink traffic (in Kb)} \\ &+ \text{Gi downlink traffic (in Kb)} \quad (2) \end{aligned}$$

(10)

Avec :

Gi uplink traffic: représente un compteur qui enregistre la quantité de données envoyée depuis un appareil ou un nœud client vers le réseau via l'interface Gi.

Gi downlink traffic : représente un compteur qui enregistre la quantité de données reçues par un appareil ou un nœud client à partir du réseau via l'interface Gi.

⇒ **Trafic SGi = trafic 4G**

$$\begin{aligned} \text{Traffic SGi} &= \text{SGi Uplink traffic (in Kb)} \\ &+ \text{SGi downlink traffic (in Kb)} \quad (3) \end{aligned}$$

(10)

Avec :

SGi uplink traffic: représente un compteur qui enregistre la quantité de données envoyée depuis un appareil ou un nœud client vers le réseau via l'interface SGi.

SGi downlink traffic: représente un compteur qui enregistre la quantité de données reçue par un appareil ou un nœud client depuis le réseau via l'interface SGi.

Analyse :

L'interprétation du trafic est cumulable.

2.6.2 Throughput (Débit) :

Le débit de données, également appelé débit binaire ou débit d'information, est une mesure de la vitesse à laquelle des données sont transférées entre un utilisateur et un réseau mobile pendant une période de temps exprimé en bits par seconde [bps].

$$\mathit{throughput} = \frac{\text{total traffic} * 1000 * 8}{3600} [\text{Gbps}] \quad (4) \quad (10)$$

Analyse :

L'indicateur est mesuré à partir de la valeur maximale de la journée, qui correspond à l'heure de pointe (busy hour) où la charge est la plus importante.

2.6.3 Nombre d'abonné :

En général, c'est nombre de personnes ou d'utilisateurs qui se sont inscrites ou ont souscrit au service.

$$\begin{aligned} \text{Nombre d'abonnés} = \\ \text{Nombre d'abonnés de 2G} + \text{Nombre d'abonnés de 3G} \\ + \text{Nombre d'abonnés de 4G} \quad (5) \end{aligned} \quad (10)$$

Avec :

Nombre d'abonnés de 2G est mesuré depuis interface Gb mode attach user.

Nombre d'abonnés de 3G est mesuré depuis interface Iups mode attach user.

Nombre d'abonnés de 4G est mesuré depuis interface S1-MME mode attach user.

Analyse :

On mesure ce paramètres à-partir le seuil (max) qui représente le nombre d'utilisateurs pour les plateformes associées Huawei et Ericsson.

2.6.4 Attach succes rate :

Le taux de réussite d'attachement de service est une mesure du pourcentage de clients qui attachent à des services en même temps.

Un taux d'attachement élevé indique que les clients sont plus susceptibles d'attacher aux services, ce qui peut être bénéfique en termes d'augmentation de la perception clients et de leurs fidélisations.

$$\text{Attach SR [\%]} = \frac{\text{Gb attach accept} + \text{Iu attach accept} + \text{S1 MME attach accept}}{\text{Gb attach request} + \text{Iu attach request} + \text{S1 MME attach request}} * 100 \quad (6)$$

Avec :

Gb attach accept : c'est le nombre d'attachement avec succès au réseau 2G.

Iu attach accept : c'est le nombre d'attachement avec succès au réseau 3G.

S1 MME attach accept : c'est le nombre d'attachement avec succès au réseau 4G.

GB attach request : nombre total des demandes d'attachement (succes and failure).

GB attach request : nombre total des demandes d'attachement (succes and failure).

GB attach request : nombre total des demandes d'attachement (succes and failure).

Analyse :

Suivre le seuil de l'opérateur par exemple supérieur à 90%.

2.6.5 PDP (Packet Data Protocol) Context Succes Rate:

C'est le taux de demande de création réussi, un contexte PDP (Packet Data Protocol) offre une connexion de données par paquets sur laquelle l'UE et le réseau peuvent échanger des paquets IP. L'utilisation de ces connexions de données par paquets est limitée à des services spécifiques. Ces services sont accessibles via ce que l'on appelle des points d'accès. (10)

$$\text{PDP} = \frac{\text{Gb pdp context activation succes} + \text{Iu pdp context activation succes} + \text{S1 default bearer activation succes}}{\text{Gb pdp context activation request} + \text{Iu pdp context activation request} + \text{S1 default bearer activation request}} * 100 \quad (7)$$

(10)

Avec :

2G PDP context activation succes: c'est est nombre de PDP contexte réussi , ce compteur est mesuré depuis interface Gb mode attach user.

3G PDP context activation succes: est mesuré depuis interface Iu mode attach user.

4G default bearer activation succes est mesuré depuis interface S1 mode attach user.

2G PDP context activation request : est mesuré depuis interface Gb mode attach user (succes and failure).

3G PDP context activation request: est mesuré depuis interface Iu mode attach user (succes and failure).

4G default bearer activation request: est mesuré depuis interface S1 mode attach user (succes and failure).

2.7 Analyse des performances Réseaux :

Les KPIs sont des mesures importantes pour avoir une visibilité sur l'état du réseau, afin d'offrir une meilleur expérience clientèle en utilisant le service data.

Les experts réseau utilisent des méthodes bien définis afin de suivre la qualité, ces méthodes consiste à interpréter les KPIs selon un intervalle horaire bien définis, une somme de tous les KPIs pour avoir une valeur globale..., ces méthodes sont catégorisées comme suite :

1. Intervalle de temps :

L'analyse des KPIs peut être Weekly, Daily ou bien hourly :

- **Hourly :** C'est la valeur du KPI pour chaque heure.

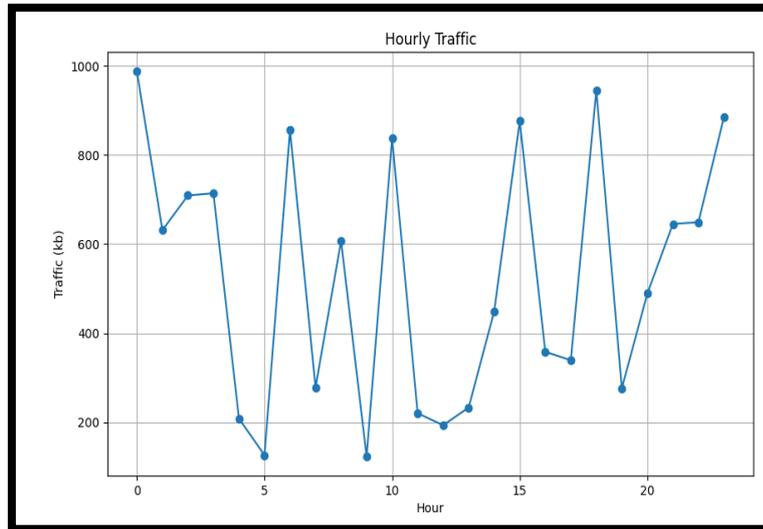


Figure 2-1: hourly Traffic (in kb).

- **Daily:** C'est la somme, moyenne ou maximum d'une valeur durant 24 heures de la journée.

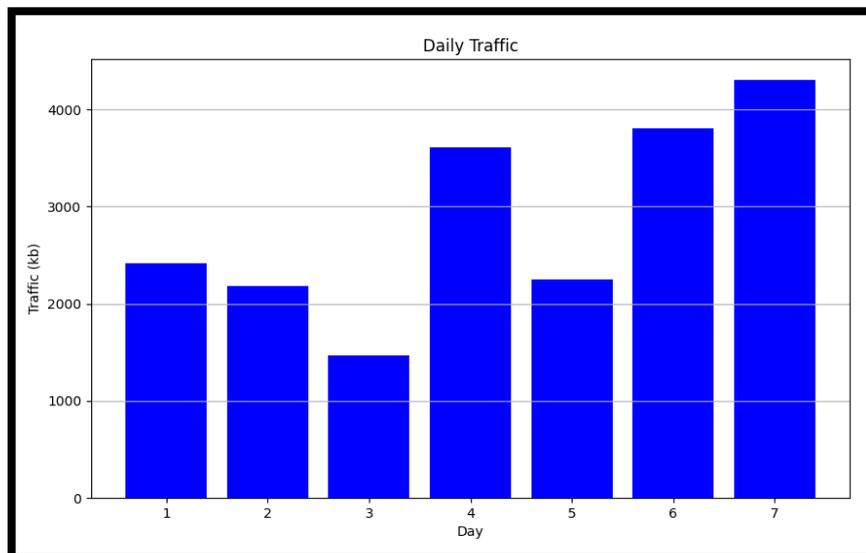


Figure 2-2: daily Traffic (in kb).

- **Weekly :**

C'est la somme, moyenne ou bien Maximum d'une valeur pendant une semaine.

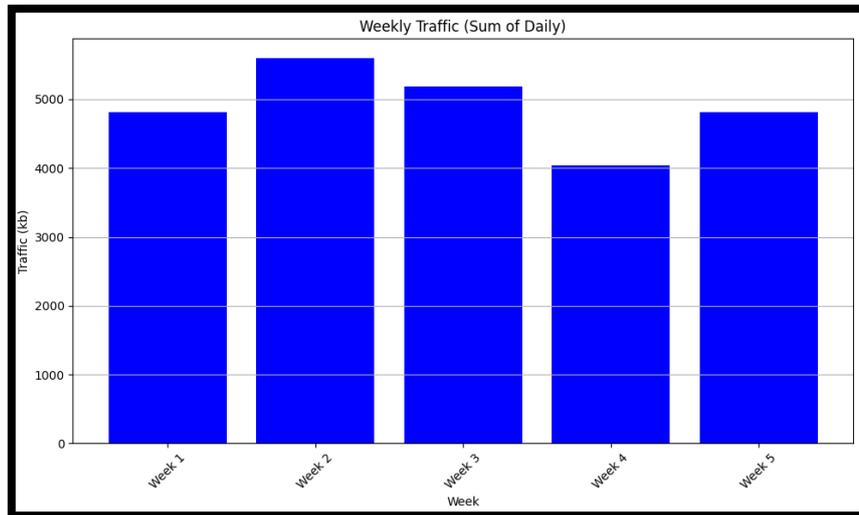


Figure 2-3: weekly Traffic (in kb).

❖ Le regroupement d'un KPI peut être :

1. **Par nœuds:**

- 1) La somme de chaque nœud.

Exemple:

- Total trafic pour GGSN Annaba.
- Total trafic pour GGSN Oran.
- Total trafic PGW Alger.

- 2) Le total des nœuds.

Exemple :

- Total de tous les nœuds.
- Le total global de trafic pour l'ensemble des nœuds

2. par technologie :

1) la somme selon le fournisseur (Huawei & Ericsson).

Exemple :

- total trafic Huawei.
- Total trafic Ericsson.

2) La somme selon la technologie.

Exemple :

- Total 2G/3G traffic.
- Total 4G traffic.

2.8 Résumé des KPIs:

Les KPIs ci-dessous sont cruciaux pour analyser et améliorer les performances du réseau. Ils soutiennent le réseau avec des fonctionnalités d'orientation stratégique (trafic et nombre d'abonnés) ainsi que des orientations techniques (Attach Success Rate et PDP Context Success Rate), garantissant ainsi une gestion efficace et une qualité de service élevée :

KPIs	Formules	Analyse
Trafic	Total trafic = trafic Gi + trafic SGi	L'interprétation du trafic est cumulable.
Throughput	$\text{Throughput} = \frac{\text{traffic} * 1000 * 8}{3600} \text{ [Gbps]}$	On mesure cet indicateur à partir de la valeur maximal de la journée qui représente durant l'heure de la charge BH (busy hour).

Nombre d'abonné	Nombre d'abonnés = nombre d'abonnés de 2G + nombre d'abonnés de 3G+ nombre d'abonnés de 4G	On mesure des paramètres à-partir le seuil (max) qui représente le nombre d'utilisateurs pour les plateformes associée Huawei et Ericsson.
Attach success rate	$\text{Attach SR [\%]} = \frac{(\text{Gb attach accept} + \text{Iu attach accept} + \text{S1 MME attach accept})}{(\text{Gb attach request} + \text{Iu attach request} + \text{S1 MME attach request})} * 100$	Suivre le seuil de l'opérateur par exemple supérieur à 90%.
Pdp context success rate	$\text{Pdp} = \frac{(\text{Gb pdp context activation succes} + \text{Iu pdp context activation succes} + \text{S1 default bearer activation succes})}{(\text{Gb pdp context activation request} + \text{Iu pdp context actuest} + \text{S1 default bearer activation request})} * 100$	Suivre le seuil de l'opérateur par exemple supérieur à 90%.

Tableau 2-1: Résumé des KPIs

2.9 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons pu comprendre la notion des indicateurs clé de performance et l'importance du suivi de ces derniers pour garantir un meilleur contrôle de la qualité de service Offerte aux clients.

Ce chapitre a souligné l'importance de notre contribution au développement d'un mécanisme automatique visant à faciliter les tâches quotidiennes des experts réseau. Cette application devrait inclure les KPIs importants afin de visualiser l'évolution de ces indicateurs et d'analyser chacun selon son type pour évaluer l'état de la qualité offerte aux clients et proposer les solutions adéquates en cas de dégradation.

chapitre 03:

Conception et Analyse.

3.1 Introduction :

L'automatisation des tâches de suivi des indicateurs de performance clés (KPI) de la qualité de service principale revêt une importance cruciale dans la gestion efficace du travail.

Ce chapitre se concentre sur plusieurs aspects essentiels de ce processus. Tout d'abord, nous présenterons l'environnement de travail dans lequel ces tâches sont effectuées, mettant en lumière les éléments clés qui influent sur leur exécution. Ensuite, nous illustrerons en détail les différentes étapes de développement nécessaires pour mettre en place cette automatisation, offrant ainsi un guide pratique pour sa mise en œuvre. Enfin, nous soulignerons l'importance cruciale de la phase de test dans la finalisation du script automatisé, garantissant ainsi des résultats fiables et cohérents.

3.2 Présentation de l'environnement de travail :

3.2.1 Python :

Python est un langage de programmation populaire et polyvalent. Il est apprécié pour sa syntaxe simple et lisible, ce qui le rend facile à apprendre et à comprendre.

Ce langage est open source multiplateformes et orienté objet. Grâce à des bibliothèques spécialisées, Python s'utilise pour des nombreuses situations et est utilisé dans de nombreux domaines, tels que le développement web, l'analyse de données, l'intelligence artificielle et l'automatisation des tâches.

Python jouit d'une popularité et d'une utilisation étendue pour plusieurs raisons principales, notamment :

- **Facilité d'apprentissage :** Python a une syntaxe simple et lisible, ce qui le rend facile à apprendre, même pour les débutants en programmation.
- **Polyvalence :** Python peut être utilisé dans de nombreux domaines, tels que le développement web, l'analyse de données, l'intelligence artificielle et l'automatisation des tâches. Il offre une grande flexibilité pour répondre à différents besoins.
- **Grande communauté et bibliothèques :** Python a une communauté active et engagée, ce qui signifie que vous pouvez trouver facilement de l'aide et des ressources.

en ligne. De plus, il dispose d'une vaste bibliothèque standard et de nombreuses bibliothèques tierces qui facilitent le développement de projets.

- **Productivité** : Python permet de développer des applications rapidement grâce à sa syntaxe concise et à sa facilité d'utilisation. Il favorise également la collaboration entre les développeurs grâce à sa lisibilité.
- **Portabilité** : Python est un langage portable, ce qui signifie que vous pouvez l'exécuter sur différents systèmes d'exploitation sans avoir à modifier votre code.

❖ Bibliothèques utilisées:

1. Matplotlib :

La bibliothèque Matplotlib du langage de programmation Python permet de tracer et de visualiser des données sous forme de graphiques (courbes, surfaces, lignes de niveau, etc.).
(13)

2. Pandas :

Pandas est une bibliothèque python qui permet de manipuler facilement des données à analyser :

- manipuler des tableaux de données avec des étiquettes de variables (colonnes) et d'individus (lignes).
- ces tableaux sont appelés DataFrames, similaires aux dataframes sous R.
- on peut facilement lire et écrire ces dataframes à partir ou vers un fichier tabulé.
- on peut facilement tracer des graphes à partir de ces DataFrames grâce à matplotlib. (14)

3. Tkinter :

Tkinter c'est une bibliothèque python qui permettant la création d'interfaces graphiques.

```
import tkinter as tk
from tkinter import filedialog
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.dates import date2num
from datetime import datetime
```

Figure 3-1 : importation des bibliothèques.

3.2.2 Description des plateformes de données :

Afin de superviser les KPIs déjà mentionnés dans le chapitre précédent, ceux-ci sont visualisés depuis les plateformes des fournisseurs de services mondiaux. Dans le cas de Mobilis, les contrats établis pour l'acquisition des nœuds core sont conclus avec Huawei et Ericsson. Chaque fournisseur met à la disposition des experts réseaux des plateformes afin de superviser les KPIs.

1. Huawei :

Huawei est un prestataire international leader en infrastructures et appareils connectés de technologies de l'information et de la communication (TIC). Avec des solutions intégrées à travers quatre domaines clés, les réseaux de télécommunications, l'informatique, les appareils connectés et les services sur le Cloud

Huawei se concentre sur trois domaines : les réseaux entièrement connectés, l'intelligence informatique et les appareils innovants. Aussi, le géant chinois continue-t-il à investir dans les produits, technologies, recherches fondamentales, améliorations de capacités d'ingénierie, normes techniques et écosystèmes industriels. Nous visons à soutenir nos clients lors de leur transformation numérique et à poser la première pierre d'un monde intelligent. (15)

Huawei offre la plateforme U2020 pour la supervision :

a) U2020 :

C'est une plateforme OSS du fournisseur Huawei qui permet l'accès à tous les nœuds réseau Huawei (SGSN, GGSN, PGW) afin de visualiser les performances et d'obtenir les compteurs à partir des formules utilisées. Le but est d'analyser, d'interpréter et de transformer ces données en KPIs.

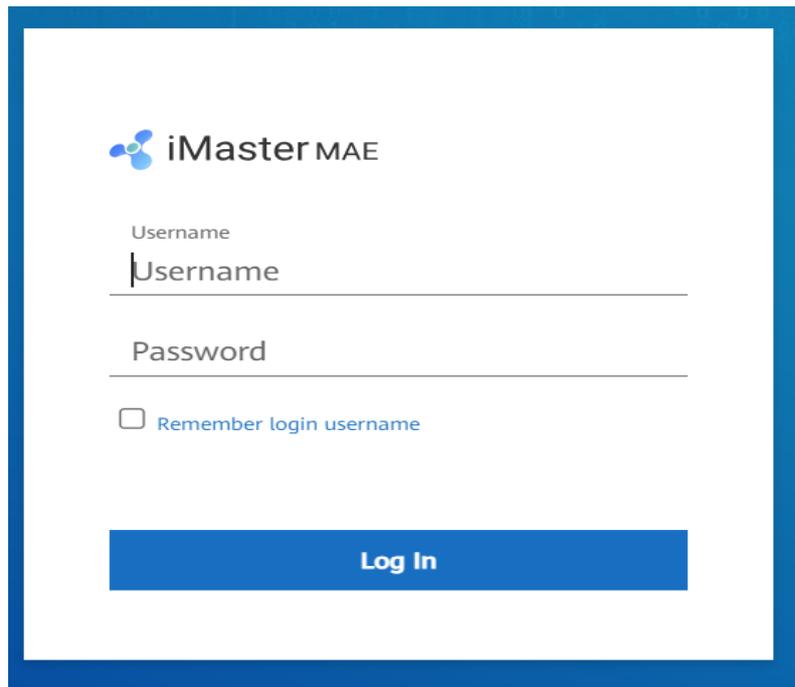


Figure 3-2 : Plateforme de connexion à Master MAE.

2. Ericsson :

Ericsson est l'un des principaux fournisseurs d'infrastructures télécoms, partenaire de la majorité des acteurs télécoms français et/ou opérant en France.

Elle intervient également pour les entreprises, les administrations et les collectivités locales qui ont des besoins croissants en services télécoms. Ericsson est l'un des importants équipementiers sur les déploiements 4G et 5G en France.

Ericsson offre la plateforme BO pour la supervision :

a) BO :

C'est une plateforme (Template) oss de fournisseur Ericsson qui permet l'accès au tous les nœuds réseaux (SGSN, GGSN, PGW) Ericsson a fin de visualisé les performances et avoir les conteurs à partir des formules utilisées dont le but d'analyser et interpréter et les transformer en KPIs.

SAP BusinessObjects
BI launch pad

Enter your user information, and click "Log On".
If you are unsure of your account information, contact your system administrator.

System: atm
User Name:
Password:

Log On

SAP Help

Figure 3-3 : plateforme de connexion pour SAP Business Objects.

3. Étapes d'extraction des fichiers :

1. Connexion aux systèmes OSS de chaque plateforme BO et U2020.
2. Configuration des modèles (Template) en fonction des besoins spécifiques.
3. Sélection des nœuds (généralement : tous les nœuds).
4. Spécification de la période (par exemple : hourly/daily).
5. Exécution de la requête pour générer et collecter les données (query).
6. Exportation du contenu (sous forme de tableaux Excel) vers des fichiers dédiés pour garantir un acheminement correct.
7. Attribution d'un nom à chaque résultat en fonction du modèle utilisé.

3.3 Déclaration des inputs :

Les inputs de notre application sont des fichiers contenant des variables qui seront interprétées par des formules :

3.3.1 Déclaration des fichiers :

Les fichiers qui seront importé sur notre application sont :

Fichiers	Ericsson	Huawei
Traffic	Gi-and-Sgi-traffic-Ericsson	Gi-and-Sgi-traffic-Huawei
Attach and pdp	Attach_and_PDP_Ericsson	attach-and-PDP-Huawei (1)

Tableau 3-1 : déclaration des fichiers.

3.3.2 Déclaration des variables :

Les variables déclarés dans notre projet sont :

Variables	Spécification du variable	Ericsson	Huawei
Nœuds	SGSN	MME : <ul style="list-style-type: none"> • MMEMUS1 • MMEORN1 • vMMEORN1 	USN: <ul style="list-style-type: none"> • BMR USN
	GGSN	EPG : <ul style="list-style-type: none"> • EPGMUS1 • EPGORN1 • vEPGORNUP1 	UGW: <ul style="list-style-type: none"> • UGW_ANB • BMR UGW
Date	Standard	mm/dd/yyyy	yyyy-mm-dd hh:mm :ss
heure	24 heures	Du 0 au 24	yyyy-mm-dd hh:mm :ss

Chapitre 3 : Analyse et Conception.

Variables	Spécification du variable	Ericsson	Huawei
compteur traffic		*Gi downlink traffic (MB) *Gi uplink traffic (MB) *SGi downlink traffic (MB) *SGi uplink traffic (MB)	*SGi downlink user traffic in KB (KB) *SGi uplink user traffic in KB (KB) *Gi downlink traffic in KB (KB) *Gi uplink traffic in KB .
compteur attach and pdp		*attach 2G request. *attach 2G accept. *nombre Des abonnes 2G. *attach 3G request. *attach 3G accept. *nombre des abonnes 3G. *pdp 2G request. *pdp 2G accept. *pdp 3G request. *pdp 3G accept. *attach 4G request. *attach 4G accept. *nombre des abonnes 4G. *Bearer 4G request. *Bearer 4G accept.	*Gb attach accept. *Gb attach request. *Gb mode maximum attached users (number). *Gb pdp context activation succes. *Gb pdp context activation request. *Iu attach request. *Iu attach accept. *Iu mode maximum attached users (number). *Iu pdp context activation succes. *Iu pdp context activation request. *Attach success Times (times). *Attach request Times (times) *S1 mode maximum bearer number (number). *S1 MME attach accept.

Variables	Spécification du variable	Ericsson	Huawei
			*S1 MME attach request. *S1 default bearer activation request *S1 default bearer activation succes

Tableau 3-2 : déclaration des variables.

3.3.3 Déclaration des formules sur le script :

1. Huawei :

Les formules sur cette plateforme sont déclarées comme suite :

1.1 Traffic and throughput :

Afin de calculer le trafic Sgi et Gi on a utilisée les formules suivantes :

```
# Calculer le trafic Sgi et GI en TB
df['SGi traffic (TB)'] = df['SGi downlink user traffic (TB)'] + df['SGi uplink user traffic (TB)']
df['Gi traffic (TB)'] = df['Gi downlink traffic (TB)'] + df['Gi uplink traffic (TB)']
df['total traffic (TB)'] = df['SGi traffic (TB)'] + df['Gi traffic (TB)']
df['Throughput (Gbps)'] = (df['total traffic (TB)'] * 1000) / 3600
```

Figure 3-4 : définition des formules pour le trafic et le throughput.

1.2 Attach succes rate et pdp contexte :

Afin de calculer Attach succes rate et pdp contexte on a utilisé les formules suivantes :

```
# Calcul des pourcentages pour Attach Success rate et Pdp
data['Attach SR (%)'] = ((data['Gb attach accept'] + data['Iu attach accept'] + data['S1 MME attach accept']) /
                        (data['Gb attach request'] + data['Iu attach request'] + data['S1 MME attach request'])) * 100

data['Pdp (%)'] = ((data['Gb pdp context activation succes'] + data['Iu pdp context activation succes'] +
                    data['S1 default bearer activation succes']) /
                  (data['Gb pdp context activation request'] + data['Iu pdp context activation request'] +
                    data['S1 default bearer activation request'])) * 100
```

Figure 3-5 : définition des formules pour Attach succes rate et pdp contexte.

1.3 Nombre d'abonnés :

Afin de calculer le nombre d'abonnés on a utilisée cette formule :

```
# Calcul du nombre d'abonnés
data['Nombres des abonnees'] = (data['Gb mode maximum attached users (number)'] +
                                data['Iu mode maximum attached users (number)'] +
                                data['S1 mode maximum bearer number (number)'])
```

Figure 3-6 : définition des formules pour le nombre d'abonnés.

2. Ericsson :

2.1 Traffic et throughput :

Afin de calculer le trafic Sgi et Gi on a utilisée les formules suivantes :

```
# Calculer le trafic SGi et GI en TB
data['SGi traffic (TB)'] = data['SGi downlink user traffic (TB)'] + data['SGi uplink user traffic (TB)']
data['Gi traffic (TB)'] = data['Gi downlink traffic (TB)'] + data['Gi uplink traffic (TB)']
data['total traffic (TB)'] = data['SGi traffic (TB)'] + data['Gi traffic (TB)']
data['Throughput (Gbps)'] = (data['total traffic (TB)'] * 1000) / 3600
```

Figure 3-7 : définition des formules pour le trafic et le throughput.

2.2 Attach succes rate et pdp contexte:

Afin de calculer Attach succes rate et pdp contexte on a utilisée les formules suivantes :

```
# Calcul des pourcentages pour Attach SR, attach 2G, attach 3G, et attach 4G
data['attach 2G'] = (data['attach 2G accept'] / data['attach 2G request']) * 100
data['attach 3G'] = (data['attach 3G accept'] / data['attach 3G request']) * 100
data['attach 4G'] = (data['attach 4G accept'] / data['attach 4G request']) * 100
data['Attach SR (%)'] = ((data['attach 2G accept'] + data['attach 3G accept'] + data['attach 4G accept']) /
                        (data['attach 2G request'] + data['attach 3G request'] + data['attach 4G request'])) * 100

data['Pdp (%)'] = ((data['pdp 2G accept'] + data['pdp 3G accept'] +
                    data['Bearer 4G accept']) /
                  (data['pdp 2G request'] + data['pdp 3G request'] +
                    data['Bearer 4G request'])) * 100
```

Figure 3-8 : définition des formules pour l'attach succes rate et pdp contexte.

2.3 Nombres d'abonnés :

Afin de calculer le nombre d'abonnés on a utilisée cette formule :

```
# Calcul du nombre d'abonnés
data['Nombres des abonnees'] = (data['nombre Des abonnees 2G'] +
                                data['nombre des abonnees 3G'] +
                                data['nombre des abonnees 4G'])
```

Figure 3-9 : définition des formules pour le nombre d'abonnés.

3.4 Déclaration des outputs sur le script :

1. Huawei :

1.1. Trafic et throughput :

1. Trafic SGi/Gi par NE Name :

```
# 1. Trafic SGi/Gi par NE Name
for ne_name, ne_group in df_hourly.groupby('NE Name'):
    axs[0, 0].plot(ne_group['Start Time'], ne_group['SGi traffic (TB)'], label=f'{ne_name} SGi')
    axs[0, 0].plot(ne_group['Start Time'], ne_group['Gi traffic (TB)'], label=f'{ne_name} Gi', linestyle='--')
axs[0, 0].set_title('Trafic SGi/Gi par NE Name')
axs[0, 0].set_ylabel('Trafic (TB)')
axs[0, 0].legend()
axs[0, 0].grid(True)
axs[0, 0].set_xticks(range(24))
axs[0, 0].set_xticklabels(range(24))
```

Figure 3-10 : Trafic SGi/Gi par NE Name.

2. Trafic SGi/Gi total :

```
# 2. Trafic SGi/Gi total
axs[0, 1].plot(df_hourly_total['Start Time'], df_hourly_total['SGi traffic (TB)'], label='Total SGi', color='blue')
axs[0, 1].plot(df_hourly_total['Start Time'], df_hourly_total['Gi traffic (TB)'], label='Total Gi', color='red')
axs[0, 1].set_title('Trafic SGi/Gi total')
axs[0, 1].set_ylabel('Trafic (TB)')
axs[0, 1].legend()
axs[0, 1].grid(True)
axs[0, 1].set_xticks(range(24))
axs[0, 1].set_xticklabels(range(24))
```

Figure 3-11 : Trafic SGi/Gi total

3. Total trafic par NE Name :

```
# 3. Total trafic par NE Name
for ne_name, ne_group in df_hourly.groupby('NE Name'):
    axs[1, 0].plot(ne_group['Start Time'], ne_group['SGi traffic (TB)'] + ne_group['Gi traffic (TB)'], label=ne_name)
axs[1, 0].set_title('Total trafic par NE Name')
axs[1, 0].set_ylabel('Trafic (TB)')
axs[1, 0].legend()
axs[1, 0].grid(True)
axs[1, 0].set_xticks(range(24))
axs[1, 0].set_xticklabels(range(24))
```

Figure 3-12 : Total trafic par NE Name.

4. Total trafic :

```
# 4. Total trafic
axs[1, 1].plot(df_hourly_total['Start Time'], df_hourly_total['SGi traffic (TB)'] + df_hourly_total['Gi traffic (TB)'],
              color='green')
axs[1, 1].set_title('Total trafic')
axs[1, 1].set_ylabel('Trafic (TB)')
axs[1, 1].grid(True)
axs[1, 1].set_xticks(range(24))
axs[1, 1].set_xticklabels(range(24))
```

Figure 3-13 : Total trafic.

5. Tableau du maximum throughput :

```
# 5. Tableau du maximum throughput
max_throughput = df_hourly.groupby('NE Name')['Throughput (Gbps)'].max().reset_index()
max_throughput.columns = ['NE Name', 'MAX Throughput (Gbps)']
axs[2, 0].axis('off')
table = axs[2, 0].table(cellText=max_throughput.values, colLabels=max_throughput.columns, loc='center', cellLoc='center')
table.auto_set_font_size(False)
table.set_fontsize(10)
table.scale(1.2, 1.2)
axs[2, 0].set_title('Maximum Throughput')
```

Figure 3-14 : Tableau du maximum throughput.

6. Camembert des pourcentages :

```
# 6. Camembert des pourcentages
daily_traffic = df_hourly.groupby('NE Name')['total traffic (TB)'].sum()
axs[2, 1].pie(daily_traffic, labels=daily_traffic.index, autopct='%1.1f%%', startangle=140)
axs[2, 1].axis('equal')
axs[2, 1].set_title('daily traffic %', y=-0.2)
```

Figure 3-15 : Camembert des pourcentages.

1.2. Attach succes rate et pdp contexte:

1. Calcul des pourcentages pour Attach succes rate et pdp contexte:

```
#1. Calcul des pourcentages pour Attach Success rate et Pdp
data['Attach SR (%)'] = ((data['Gb attach accept'] + data['Iu attach accept'] + data['S1 MME attach accept']) /
                        (data['Gb attach request'] + data['Iu attach request'] + data['S1 MME attach request'])) * 100

data['Pdp (%)'] = ((data['Gb pdp context activation succes'] + data['Iu pdp context activation succes'] +
                    data['S1 default bearer activation succes']) /
                  (data['Gb pdp context activation request'] + data['Iu pdp context activation request'] +
                    data['S1 default bearer activation request'])) * 100
```

Figure 3-16 : Calcul des pourcentages pour Attach succes rate et pdp contexte.

1.3. Nombre d'années :

2. Calcul du nombre d'abonnés :

```
# 1. Calcul du nombre d'abonnés
data['Nombres des abonnees'] = (data['Gb mode maximum attached users (number)'] +
                                data['Iu mode maximum attached users (number)'] +
                                data['S1 mode maximum bearer number (number)'])
```

Figure 3-17 : Calcul du nombre d'abonnés.

3. Ericsson :

2.1. Trafic et throughput :

1. trafic SGi/Gi par nœud :

```
# 1. Plot traffic SGi/Gi by node
for name, group in grouped_data:
    sgi_traffic = group.groupby('Hour')['SGi downlink traffic (MB)'].sum()
    gi_traffic = group.groupby('Hour')['Gi downlink traffic (MB)'].sum()
    axs[0, 0].plot(sgi_traffic.index, sgi_traffic, marker='o', label=f'SGi {name}')
    axs[0, 0].plot(gi_traffic.index, gi_traffic, marker='x', label=f'Gi {name}')

axs[0, 0].set_title('Trafic SGi/Gi par noeud')
axs[0, 0].set_ylabel('Trafic (TB)')
axs[0, 0].legend()
```

Figure 3-18 : trafic SGi/Gi par nœud.

2. total SGi/Gi trafic :

```
# 2. Plot total SGi/Gi traffic
total_sgi_traffic = data.groupby('Hour')['SGi downlink traffic (MB)'].sum()
total_gi_traffic = data.groupby('Hour')['Gi downlink traffic (MB)'].sum()
axs[0, 1].plot(total_sgi_traffic.index, total_sgi_traffic, marker='o', label='SGi')
axs[0, 1].plot(total_gi_traffic.index, total_gi_traffic, marker='x', label='Gi')
axs[0, 1].set_title('Trafic SGi/Gi total')
axs[0, 1].set_ylabel('Trafic (TB)')
axs[0, 1].legend()
```

Figure 3-19 : total SGi/Gi trafic.

3. total trafic par nœud :

```
# 3. Plot total traffic by node
for name, group in grouped_data:
    total_traffic = group.groupby('Hour')['total traffic (TB)'].sum()
    axs[1, 0].plot(total_traffic.index, total_traffic, marker='o', label=name)

axs[1, 0].set_title('Trafic total par noeud')
axs[1, 0].set_ylabel('Trafic total (Tb)')
axs[1, 0].legend()
```

Figure 3-20 : total trafic par nœud.

4. total trafic :

```
# 4. Plot total traffic
total_traffic = data.groupby('Hour')['total traffic (TB)'].sum()
axs[1, 1].plot(total_traffic.index, total_traffic, marker='o')
axs[1, 1].set_title('Trafic total')
axs[1, 1].set_ylabel('Trafic total (Tb)')
```

Figure 3-21 : total trafic.

5. Tableau du maximum throughput :

```
# 5. Add a table of maximum throughput
max_throughput = data.groupby('GGSN Name')['Throughput (Gbps)'].max()
table_data = [(ne, max_tp) for ne, max_tp in max_throughput.items()]

axs[2, 0].axis('off') # Hide axis for the table
table = axs[2, 0].table(cellText=table_data, colLabels=['GGSN Name', 'Max throughput (Gbps)'], loc='center')
table.auto_set_font_size(False)
table.set_fontsize(10)
table.scale(1.2, 1.2)
```

Figure 3-22 : Tableau du maximum throughput.

6. Camembert des pourcentages :

```
# 6. Plot pie chart of relative percentages
daily_traffic = data.groupby('GGSN Name')['total traffic (TB)'].sum()
total_daily_traffic = daily_traffic.sum()
percentages = daily_traffic / total_daily_traffic * 100
axs[2, 1].pie(percentages, labels=daily_traffic.index, autopct='%1.1f%%', startangle=140)
axs[2, 1].set_title('Pourcentages relatifs du trafic total')

plt.tight_layout()
plt.show()
```

Figure 3-23 : camembert des pourcentages.

2.2.Attach succes rate et pdp contexte:

1. Calcul des pourcentages pour Attach SR, attach 2G, attach 3G, et attach 4G :

```
# 1. Calcul des pourcentages pour Attach SR, attach 2G, attach 3G, et attach 4G
data['attach 2G'] = (data['attach 2G accept'] / data['attach 2G request']) * 100
data['attach 3G'] = (data['attach 3G accept'] / data['attach 3G request']) * 100
data['attach 4G'] = (data['attach 4G accept'] / data['attach 4G request']) * 100
data['Attach SR (%)'] = ((data['attach 2G accept'] + data['attach 3G accept'] + data['attach 4G accept']) /
                        (data['attach 2G request'] + data['attach 3G request'] + data['attach 4G request'])) * 100

data['Pdp (%)'] = ((data['pdp 2G accept'] + data['pdp 3G accept'] +
                    data['Bearer 4G accept']) /
                  (data['pdp 2G request'] + data['pdp 3G request'] +
                    data['Bearer 4G request'])) * 100
```

Figure 3-24 : Calcul des pourcentages pour Attach SR, attach 2G, attach 3G, et attach 4G.

2.3.Nombre d'abonnés :

1. Calcul du nombre d'abonnés :

```
# Calcul du nombre d'abonnés
data['Nombres des abonnees'] = (data['nombre Des abonnees 2G'] +
                                data['nombre des abonnees 3G'] +
                                data['nombre des abonnees 4G'])
```

Figure 3-25 : Calcul du nombre d'abonnés.

3.5 Visualisation des résultats :

Les résultats sont visualisés par les étapes suivantes :

3.5.1 Test et analyse des résultats :

L'interface graphique est visualisé suivants ce qui suite :

3.5.1.1 Implémentation d'une Interface Graphique pour la Visualisation des Performances Réseaux :

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous avons développé une application desktop avec une interface qui présente la façade principale pour les utilisateurs, permettant la visualisation des performances réseau pour les équipements Huawei et Ericsson.

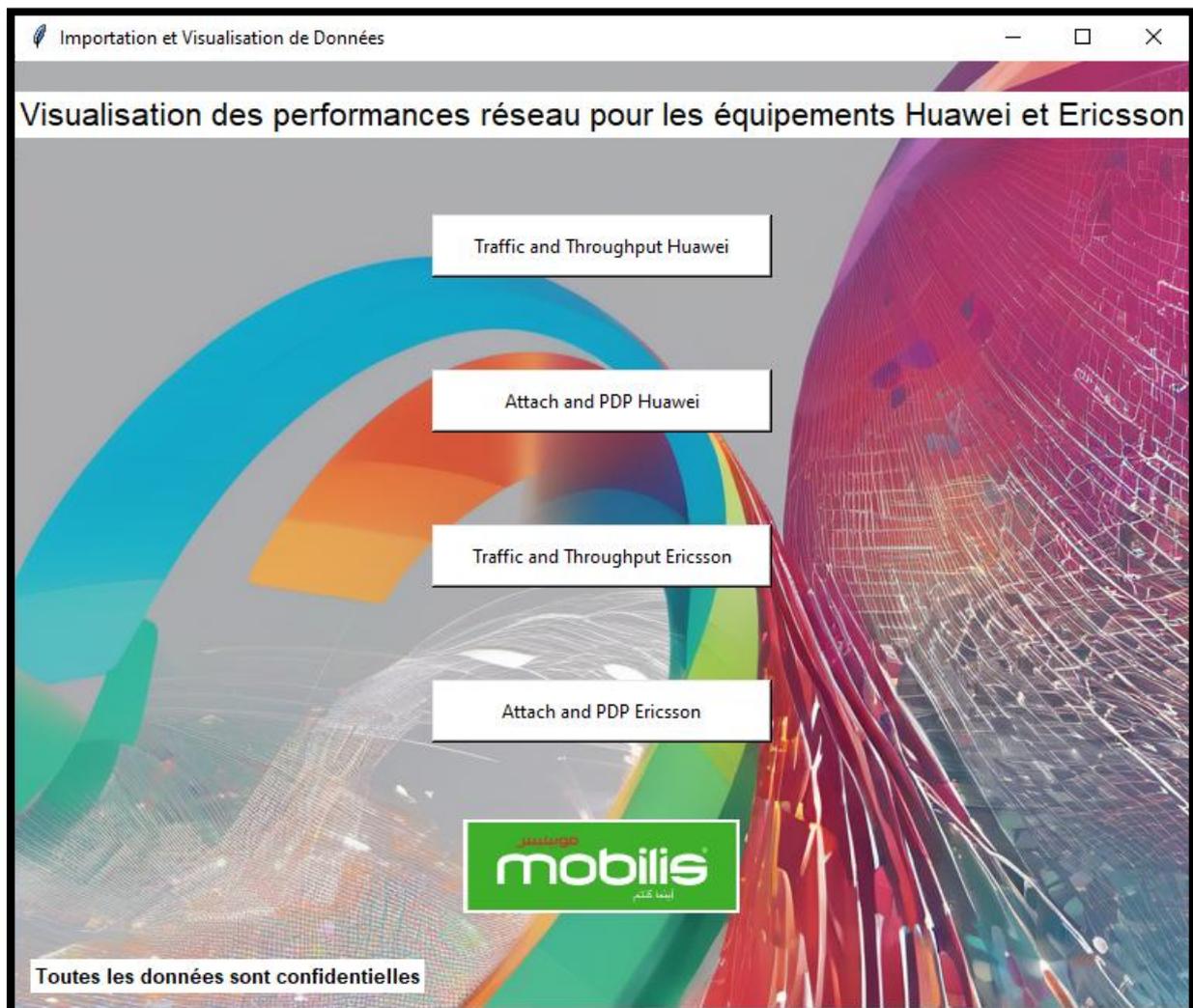


Figure 3-26 : interface principale.

3.5.1.2 Analyse des résultats :

1. Traffic et throughput huawei :

Le click sur le butons « trafic et throughput huawei » selon l’interface principale donne le résultat suivants :

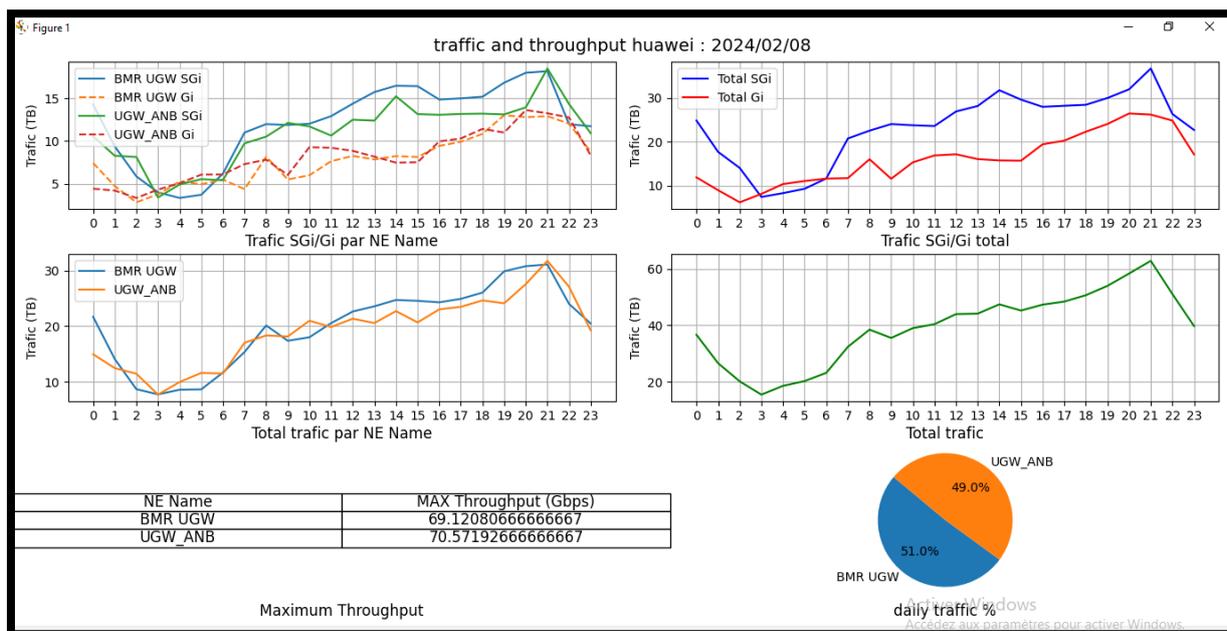


Figure 3-27 : traffic and throughput huawei.

Analyse :

➤ **Traffic SGi/Gi par NE Name :**

Ce graphique montre le trafic de données (en TB) pour quatre nœuds différentes : BMR UGW SGi, BMR UGW Gi, UGW_ANB SGi et UGW_ANB Gi sur une période allant de l'heure 0 à l'heure 23.

- On peut voir que les valeurs de trafic varient de manière importante tout au long de la journée pour les différents nœuds.
- Pour le nœud BMR UGW SGi, on observe une forte hausse du trafic entre les heures 7 et 21, avec un pic plus de 15 TB vers 21h. Le trafic chute ensuite significativement jusqu'à environ 10 TB en fin de journée.

- Le nœud BMR UGW Gi suit une tendance similaire, avec une hausse du trafic entre 7h et 21h, mais avec des valeurs légèrement inférieures à celles du SGi.
- Les nœuds UGW_ANB SGi et UGW_ANB Gi ont des profils de trafic différents, avec des valeurs plus stables autour de 10-12 TB tout au long de la journée.

➤ **Trafic- SGi/Gi total :**

La figure montre l'évolution du trafic total SGi (en bleu) et du trafic total Gi (en rouge) sur une période de 24 heures.

- On observe que le trafic total SGi et le trafic total Gi suivent des tendances similaires au cours de la journée.
- Entre 0h et 7h, le trafic total est relativement faible, avec des valeurs autour de 10-15 TB.
- À partir de 7h, on constate une augmentation du trafic, atteignant un premier pic autour de 15h avec des valeurs d'environ 30 TB pour le trafic SGi et 25 TB pour le trafic Gi.
- Après ce pic de l'après-midi, le trafic diminue progressivement jusqu'à 23h, pour atteindre des valeurs d'environ 15-20 TB.
- On peut noter que le trafic SGi est généralement plus élevé que le trafic Gi, indiquant probablement une utilisation plus importante des services et applications transitant par l'interface SGi.
- Les variations du trafic tout au long de la journée reflètent probablement les patterns d'utilisation des utilisateurs, avec une activité plus intense pendant les heures de travail et de forte mobilité.

Remarque :

Cette analyse du trafic total SGi et Gi peut aider à comprendre les besoins en capacité du réseau et à dimensionner les infrastructures de manière adaptée aux variations de trafic.

➤ Total trafic par NE Name :

Cette figure montre l'évolution du trafic total pour deux nœuds réseau différentes : BMR UGW et UGW_ANB sur une période de 24h.

- Entre 0h et 7h, le trafic total est relativement faible pour les deux nœuds, avec des valeurs autour de 10-15 TB.
- À partir de 7h, on observe une nette augmentation du trafic, qui atteint un premier pic autour de 21h avec des valeurs d'environ 30 TB pour BMR UGW et 32 TB pour UGW_ANB.
- Après ce pic de l'après-midi, le trafic diminue progressivement jusqu'à 23h, pour atteindre des valeurs d'environ 15-20 TB.
- Le nœud BMR UGW présente généralement des valeurs de trafic total plus élevées que le nœud UGW_ANB, avec un écart pouvant atteindre 5 TB aux heures de pointe.

Remarque :

La différence de trafic entre les deux nœuds peut s'expliquer par des technologies, des architectures ou des cas d'usage différents, nécessitant des dimensionnements adaptés.

➤ Total trafic :

La figure montre la quantité totale de trafic sur le réseau au fil de temps.

- Le graphique représente total trafic en TB en fonction du temps, tel que ce dernier représente la somme des trafics SGi et trafic Gi du réseau.
- Le trafic total commence à un niveau élevé d'environ 40 Tb à minuit (0h) et diminue de manière significative jusqu'à atteindre un minimum d'environ 10 Tb vers 3h du matin car La plupart des gens dorment entre minuit et les premières heures du matin, ce qui explique la baisse d'activité en ligne.
- À partir de 6h, le trafic commence à augmenter progressivement et de manière continue, atteignant un pic d'environ 60 Tb vers 21h car les gens commencent leur journée de travail, augmentant ainsi l'utilisation d'internet pour des raisons professionnelles.

➤ Maximum Throughput :

- Ce tableau montre que parmi les deux nœuds, BMR UGW et UGW_ANB a la capacité de débit maximal la plus élevée, atteignant plus de 70 Gbps, ce qui pourrait indiquer une meilleure performance et une configuration matérielle plus robuste.

➤ Daily trafic % :

- Le graphique montre la répartition du trafic journalier entre deux sources : BMR UGW et UGW_ANB. BMR UGW représente 51% du trafic, tandis qu'UGW_ANB représente 49%.

2. Attach and pdp huawei :

Le click sur le boutons « Attach and Pdp Huawei » selon l'interface principale donne le résultat suivants :

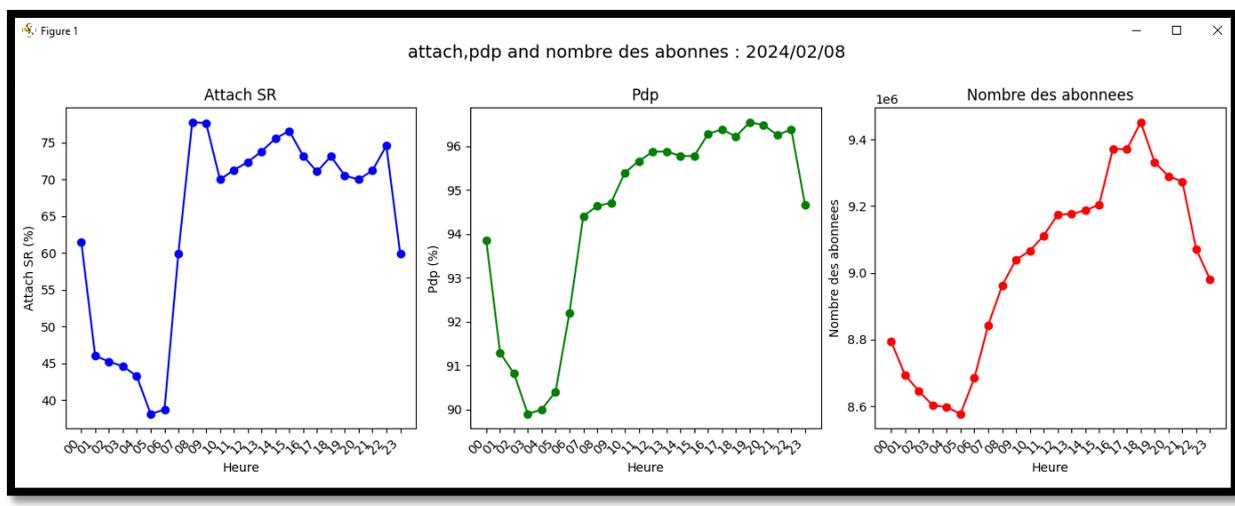


Figure 3-28 : attach, pdp and nombre des abonnées.

➤ **Attach Success Rate :**

Le graphique montre l'évolution du taux d'attachement SR (taux de réussite de l'attachement) sur une période de 24 heures.

- Le taux d'attachement SR est le plus élevé à 8h00, atteignant environ 78%. Il baisse ensuite jusqu'à environ 70% à 10h00, avant de remonter progressivement jusqu'à environ 76% à 16h00. Le taux d'attachement SR baisse ensuite légèrement jusqu'à environ 72% à 18h00, avant de remonter légèrement pour atteindre environ 74% à 22h00. Finalement, le taux d'attachement SR baisse fortement pour atteindre environ 60% à 23h00.

Remarque :

Ces fluctuations du taux d'attachement SR pourraient être dues à un certain nombre de facteurs, notamment le niveau d'activité du réseau, le nombre d'utilisateurs connectés et les problèmes techniques.

➤ **Pdp packet data protocol:**

Le graphique représente l'évolution du Pdp au fil du temps. Nous pouvons observer les points suivants :

- Le Pdp démarre autour de 93.5% et connaît des fluctuations importantes tout au long de la période.
- On peut identifier plusieurs pics et creux dans la courbe. Par exemple, un pic majeur autour de l'heure 19, atteignant une valeur d'environ 98%.
- Après ce pic, le Pdp chute de manière significative, jusqu'à atteindre environ 94% vers l'heure 23.

➤ **Nombre d'abonnés :**

Le graphe montrant le nombre d'abonnés au fil du temps pendant 24 heures :

- Le nombre d'abonnés fluctue de manière importante au cours de la journée, avec des pics et des creux marqués.
- On observe une tendance générale à la hausse du nombre d'abonnés au cours de la journée, partant d'environ 9,4 millions d'abonnés.
- Les plus fortes variations se produisent entre 6h et 19h, puis on observe une diminution progressive du nombre d'abonnés jusqu'à la fin de la journée, avec un niveau qui revient aux alentours de 9 millions d'abonnés.

3. Traffic and Throughput Ericsson :

Le click sur le boutons « Traffic and Throughput Ericsson_» selon l'interface principale donne le résultat suivants :

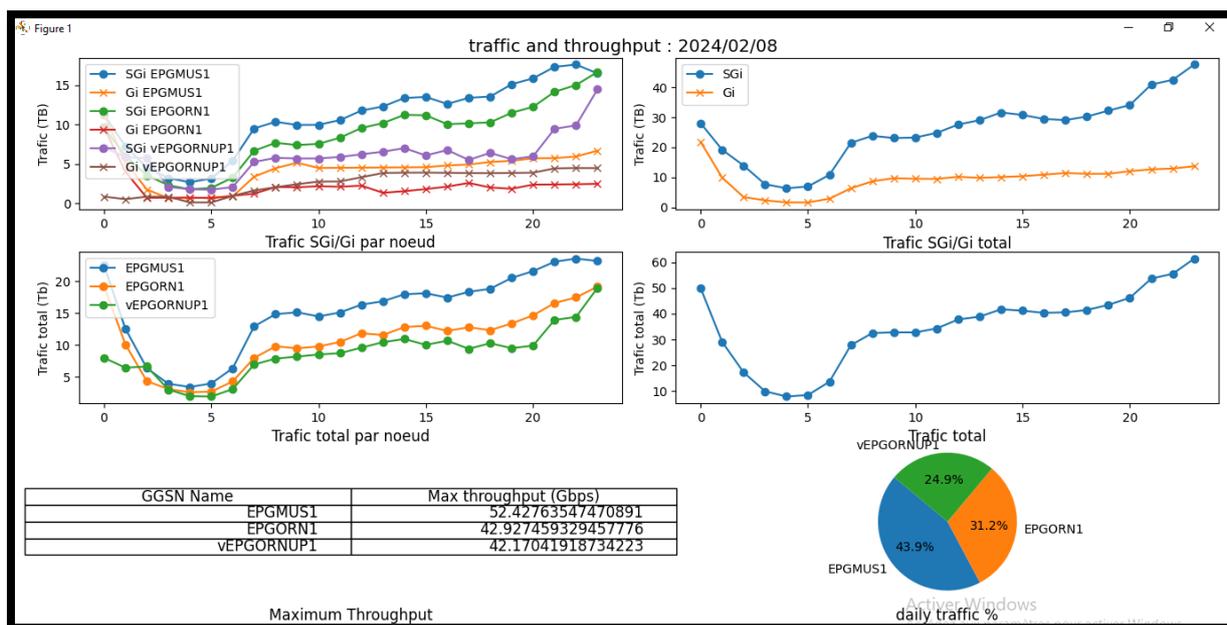


Figure 3-29 : traffic and throughput Ericsson.

➤ Trafic SGi/Gi par nœud :

Ce graphique montre le trafic de données (en TB) pour six nœuds différentes : SGĪ EPGMUS1, Gi EPGMUS1, SGi EPGORN1, Gi EPGORN1, SGi vEPGORNUP1 et Gi vEPGORNUP1 sur une période allant de l'heure 0 à l'heure 23.

- Entre 0h et 7h environ, on constate une diminution progressive du trafic pour tous les nœuds. Cette baisse correspond probablement à une période de plus faible activité réseau, par exemple pendant la nuit quand l'utilisation du réseau est plus faible.
- À partir de 7h, le trafic commence à augmenter de manière significative pour tous les nœuds cette hausse correspondent vraisemblablement à des moments de forte activité sur le réseau, par exemple pendant les heures ouvrables.
- Après 22h, on observe une nouvelle diminution progressive du trafic jusqu'en fin de soirée, reflétant probablement une baisse progressive de l'utilisation du réseau.

➤ Trafic SGi/Gi total :

Le graphique montre le trafic SGi et Gi :

- Le graphique représente total trafic SGi/Gi en TB en fonction du temps, tel que la courbe graphique de SGi signifié la somme de tous les nœuds SGi (SGĪ EPGMUS1, SGi EPGORN1 et SGi vEPGORNUP1) et la courbe graphique de Gi signifié la somme de tous les nœuds Gi (Gi EPGMUS1, Gi EPGORN1 et Gi vEPGORNUP1).
- Le trafic diminue de 0h à 7h, ce qui est probablement dû au fait que la plupart des gens sont inactifs pendant cette période.
- Ensuite, le trafic augmente de 7h à 23h, ce qui est probablement dû au fait que les gens utilisent davantage leurs appareils pendant la journée et la soirée.

➤ Trafic total par nœuds :

Le graphe représentant le trafic total par nœud, on peut faire les observations suivantes :

- Le trafic total augmente de manière continue pour les trois nœuds (EPGMUS1, EPGORN1 et VEGPORNUP1) sur la période observée.
- Entre 0h et environ 7h, le trafic diminue progressivement pour les trois nœuds. Cela correspond probablement à une période de plus faible activité, comme la nuit.

- À partir de 7h, le trafic commence à augmenter de façon significative, Cette hausse coïncide avec les heures de forte activité, comme la journée de travail.

➤ **Trafic totale :**

Le graphique représente total trafic en TB en fonction du temps, tel que ce dernier représente la somme des trafics SGi et trafic Gi du réseau.

- Le trafic total commence à un niveau élevé d'environ 50 Tb à minuit (0h) et diminue de manière significative jusqu'à atteindre un minimum d'environ 9 Tb vers 5h du matin car La plupart des gens dorment entre minuit et les premières heures du matin, ce qui explique la baisse d'activité en ligne.
- À partir de 6h, le trafic commence à augmenter progressivement et de manière continue, atteignant un pic d'environ 60 Tb vers 23h car les gens commencent leur journée de travail, augmentant ainsi l'utilisation d'internet pour des raisons professionnelles.

➤ **Maximum throughput :**

- Ce tableau montre que parmi les trois nœuds GGSN, EPGMUS1 a la capacité de débit maximal la plus élevée, atteignant plus de 52 Gbps, ce qui pourrait indiquer une meilleure performance et une configuration matérielle plus robuste.
- Les autres deux nœuds, EPGORN1 et vEPGORNUP1, ont des débits maximaux similaires, autour de 42 Gbps, ce qui pourrait signifier des capacités comparables.

➤ **Trafic Daily % :**

Le graphique en camembert présente la répartition du trafic quotidien (%) entre trois nœuds :

- EPGMUS1 a une part de trafic quotidien nettement supérieure aux deux autres nœuds, ce qui pourrait indiquer une plus grande capacité ou une utilisation plus intensive.
- EPGORN1 et vEPGORNUP1 ont des parts de trafic plus proches l'une de l'autre, mais EPGORN1 gère environ 6.3% de trafic en plus comparé à vEPGORNUP1.

4. Attach and Pdp Ericsson :

Le click sur le boutons « Attach and Pdp Ericsson_» selon l’interface principale donne le résultat suivants :

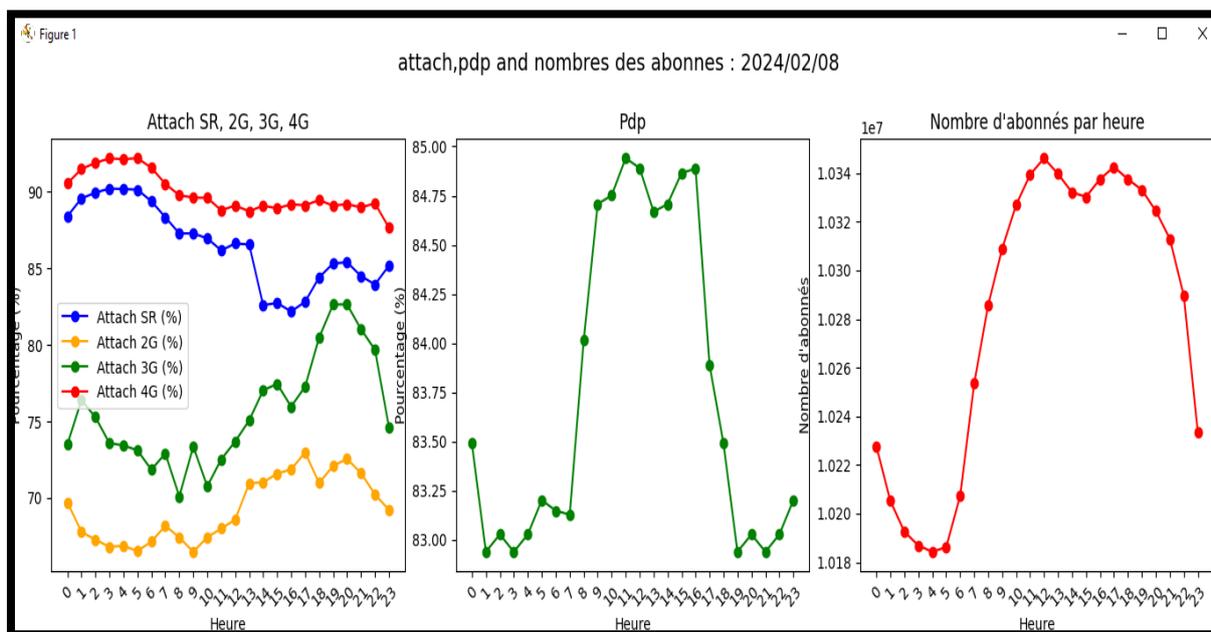


Figure 3-29 : attach, pdp and nombres d’abonnés Ericsson.

➤ **Attach SR, 2G, 3G ,4G :**

- Attach SR (Taux de réussite de connexion) : Cette ligne, en bleu, représente le taux global de réussite de connexion. Il fluctue au fil du temps mais diminue généralement d'environ 90% à environ 85% au fur et à mesure.
- Attach 2G (%) : Le taux de réussite de connexion 2G, en orange, démarre autour de 70% et diminue progressivement avec le temps.
- Attach 3G (%) : Le taux de réussite de connexion 3G, en vert, démarre autour de 73% mais connaît ensuite des fluctuations importantes, atteignant jusqu'à 80% à certains moments.
- Attach 4G (%) : Le taux de réussite de connexion 4G, en rouge, est le plus stable parmi les quatre générations. Il reste autour de 90% tout au long de la période.

➤ **PDP packet data protocol :**

Le graphique représente l'évolution du Pdp au fil du temps. Nous pouvons observer les points suivants :

- Le Pdp démarre autour de 83,50 et connaît des fluctuations importantes tout au long de la période.
- On peut identifier plusieurs pics et creux dans la courbe. Par exemple, un pic majeur autour de l'heure 11, atteignant une valeur d'environ 84,75.
- Par la suite, la courbe présente d'autres fluctuations, avec des pics et des creux successifs.
- Vers la fin de la période, on observe une légère remontée du Pdp, qui se stabilise autour de 83,25.

➤ **Nombres d'abonnés :**

Le graphe montrant le nombre d'abonnés au fil du temps pendant 24 heures :

- ce graphique montre de fortes fluctuations du nombre d'abonnés au cours de la journée, avec des pics et des creux marqués.
- Le niveau de départ est d'environ 10,2 millions d'abonnés.
- On observe un pic majeur atteignant environ 10,34 millions d'abonnés vers l'heure 12.
- Après ce pic, le nombre d'abonnés chute de manière significative, jusqu'à environ 10,24 millions vers l'heure 23.

Remarque :

Le nombre d'abonnés connaît d'autres variations, avec des fluctuations entre des niveaux élevés et bas.

3.6 Conclusion :

Ce chapitre traite de l'automatisation des tâches de suivi des indicateurs de performance clés (KPI) de la qualité de service. Il commence par présenter l'environnement de travail, en mettant l'accent sur l'utilisation du langage de programmation Python et de l'environnement de développement intégré Thonny. Il décrit ensuite les principales bibliothèques Python utilisées pour ce processus d'automatisation, notamment Matplotlib pour la visualisation de données, Pandas pour la manipulation de données et Tkinter pour la création d'interfaces graphiques.

Le chapitre aborde également les différentes plateformes fournies par les plateformes Huawei et Ericsson pour superviser les KPIs. Il détaille les étapes de développement nécessaires pour mettre en place cette automatisation, en insistant sur l'importance cruciale de la phase de test pour garantir des résultats fiables et cohérents.

Afin d'enrichir ce projet de fin d'études nous proposons les perspectives suivant :

1. introduire plus des KPIs pour le service data ou bien pour la voix ou SMS afin de couvrir l'ensemble du réseau et offrir une meilleure supervision sur la qualité de service de l'opérateur

2. Il serait intéressant d'explorer comment les avancées technologiques futures, telles que la 5G et au-delà, pourraient influencer les réseaux mobiles en commutation de paquets. Envisager d'examiner les défis et les opportunités que ces nouvelles technologies pourraient apporter en termes de gestion de la QoS et des performances du réseau.

Conclusion générale

Ce projet de fin d'études a été une exploration approfondie des réseaux mobiles en commutation de paquets, mettant en lumière leur fonctionnement, leurs performances et leur gestion de la qualité de service (QoS). Le premier chapitre a établi les bases en introduisant les concepts fondamentaux, notamment les interfaces et les nœuds clés dans ces réseaux. En comprenant ces éléments essentiels, nous avons jeté les bases nécessaires pour une analyse plus approfondie dans les chapitres suivants.

Le deuxième chapitre a été consacré à l'examen approfondi de la qualité de service (QoS) et des indicateurs clés de performance (KPIs) associés aux réseaux mobiles. Nous avons exploré en détail les différents aspects de la QoS, mettant en évidence son importance dans la satisfaction des utilisateurs et dans la garantie d'une expérience réseau optimale. En identifiant et en définissant les KPIs pertinents.

Nous avons fourni un cadre pour évaluer et mesurer efficacement les performances du réseau, posant ainsi les bases pour une analyse plus approfondie.

Le troisième chapitre a pris une approche pratique en se concentrant sur le développement d'une application pour le suivi de la qualité de service. Cette partie du projet a permis de mettre en pratique les concepts théoriques abordés dans les chapitres précédents. En développant une application permettant de surveiller la qualité de service à la fois quotidiennement et horairement, nous avons démontré l'applicabilité des connaissances théoriques dans un contexte réel. Cette partie pratique a également permis d'illustrer l'importance de la gestion proactive de la QoS pour garantir des performances réseau optimales et une expérience utilisateur satisfaisante.

Ce projet a offert une vue complète et approfondie des réseaux mobiles en commutation de paquets, combinant une analyse théorique détaillée avec une application pratique. En comprenant les principes fondamentaux, en identifiant les KPIs pertinents et en développant une solution pratique pour surveiller la qualité de service, nous avons abordé de manière holistique les défis et les opportunités associés à ces réseaux. Ce projet fournit ainsi une contribution significative à la compréhension et à la gestion efficace des réseaux mobiles en commutation de paquets.

Bibliographie :

1. **BOUCHENTOUF.H, BOUDGHENE.R.** *Etude Des Performances Des Réseaux 4G (LTE)*. s.l. : Université Abou Bekr Belkaid, 2012_2013.
2. *architecture des reseaux mobiles.pdf*. [En ligne] [Citation : 27 02 2024.] <https://www.beta.ma/pdf/architecture%20des%20reseaux%20mobiles.pdf>.
3. *pdfcofee Website* . [En ligne] [Citation : 27 02 2024.] <https://pdfcoffee.com/chapitre-1-introduction-sur-les-reseaux-mobiles-pdf-free.html>.
4. *CableFree Website*. [En ligne] [Citation : 28 02 2024.] <https://www.cablefree.net/wirelesstechnology/4glte/lte-interfaces/?fbclid=IwAR04PmMk7aS3V3tOFQxOSGFFPRetb5oXkD-E9dk5lzkO70UUpXyBhaKW9Ao>.
5. *NETMANIASTECHNICAL DOCUMENTS Website* . [En ligne] [Citation : 04 03 2024.] https://www.netmanias.com/en/post/techdocs/5904/lte-network-architecture/lte-network-architecture-basic?fbclid=IwAR20ovfoHwB3h3D_xlJsiYs4rzVKqZ6RZW1cmcqkjTilqGlgxz0_dc28Dgc.
6. *tafats Website*. [En ligne] [Citation : 04 03 2024.] https://tafats.fr/Techniques/Telephonie_mobile/Telephonie_mobile.html#:~:text=Gf%20%3A%20L'interface%20Gf%20existe,est%20utilis%C3%A9e%20entre%20les%20GSNs.
7. **LARBI.Z, BENELHADJDJELLOUL.A et.** *Qualité De Service (Qos) Dans Les Réseaux Mobiles 4G*. s.l. : Université d'Ibn Khaldoun_Tiaret, 2015_2016.
8. *prezi Website*. [En ligne] [Citation : 13 03 2024.] <https://prezi.com/rcqbm0fna6j/qos-et-kpi-dans-les-reseaux-mobile/>.
9. *academia Website* . [En ligne] [Citation : 13 02 2024.] https://www.academia.edu/8006571/indicateur_kpi.
10. **MOBILIS.** MOBILIS. *MOBILIS*. s.l. : MOBILIS, 2024.
11. *telecome knowledge Website*. [En ligne] [Citation : 13 03 2024.] <https://telecom-knowledge.blogspot.com/2014/10/pdp-context.html?m=1>.

12. *myMaxicours*. [En ligne] [Citation : 01 04 2024.]
<https://www.maxicours.com/se/cours/utiliser-la-bibliotheque-matplotlib-de-python-pour-creer-un-graphique/>.

13. *TD - pandas.pdf*. [En ligne] [Citation : 01 04 2024.] <https://www-lisic.univ-littoral.fr/~fonlupt/Enseignement/2020/AD/TD%20-%20pandas.pdf>.

14. *huawei*. [En ligne] [Citation : 03 04 2024.] <https://www.huawei.com/fr/corporate-information>.

15. *Wiki étudiants INGI*. [En ligne] [Citation : 27 02 2024.]
<https://wiki.student.info.ucl.ac.be/>.

16. *qkzk*. [En ligne] [Citation : 01 04 2024.]
https://qkzk.xyz/docs/nsi/cours_premiere/programmation/outils/thonny/.