



Rémi DEBRAY, FIP 3A  
IMT Atlantique, Promotion 2022  
Août 2022

# Projet de fin d'étude : Mise en place de méthodes proactives d'optimisation du réseau mobile au service de la qualité d'expérience client

Dans le cadre du plan stratégique d'Orange Engage 2025, un des axes principaux s'intéresse tout particulièrement à la satisfaction clientèle. Dans un contexte où le nombre de communications progressent toujours plus sur le réseau mobile 4G, ce projet de fin d'étude (PFE) vise à concevoir de nouvelles méthodes à destination des ingénieurs optimiseurs du réseau mobile.

Ces méthodes auront pour but de mettre en lumière les clients pour qui, l'expérience utilisateur sur le réseau mobile d'Orange et notamment la VoLTE n'est pas optimale afin de résoudre leurs problématiques de façon proactive.

Dans ce rapport, vous retrouverez toute la démarche du PFE en mettant en avant à la fois les spécificités techniques ainsi que la méthodologie de projet appliquée.



**IMT Atlantique**  
Bretagne-Pays de la Loire  
École Mines-Télécom





## **Projet de fin d'étude**

# **Mise en place de méthodes proactives d'optimisation du réseau mobile au service de la qualité d'expérience client**

Août 2022

Rémi Debray, FIP Promotion 2022

IMT Atlantique – Orange France

Tuteur pédagogique : **Xavier LAGRANGE**

Maitre d'apprentissage : **Saïd HADJAZ**

Manager : **Damien BIROT**

# REMERCIEMENTS

Ce projet de fin d'étude n'aurait pas été possible sans l'aide et la bienveillance d'un grand nombre de personnes. C'est pour cela qu'en préambule de ce rapport je souhaitais remercier celles et ceux qui ont contribué au succès de celui-ci.

Je tenais à remercier Monsieur **Xavier LAGRANGE**, mon tuteur pédagogique pour son suivi, ses conseils et sa très grande réactivité.

Je souhaitais remercier aussi Monsieur **Philippe MUSSARD** et l'ensemble de l'équipe pédagogique de l'IMT ATLANTIQUE qui m'ont apporté beaucoup de connaissances que j'ai pu utiliser dans ce projet.

Je tiens à témoigner toute ma reconnaissance à Monsieur **Saïd HADJAZ**, mon maître d'apprentissage pour cette dernière année, pour sa formation sur l'activité d'optimisation radio, pour son suivi sur ce projet ainsi que pour l'aide lors de la relecture de ce rapport.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Monsieur **Damien BIROT**, mon manager de l'équipe RADIO-NC chez Orange, pour sa confiance, sa compréhension et son aide lors de blocages avec le système d'information.

Je tenais aussi à remercier Monsieur **Daniel GOURDON** et Monsieur **Olivier PELÉ**, qui m'ont transmis leurs connaissances respectivement sur l'activité de design et l'activité d'analyse.

Un grand merci à Monsieur **Stéphane LANIO** aussi bien pour son aide précieuse sur le Big Data que pour ses retours réguliers sur le projet.

J'apporte mes sincères remerciements à Madame **Stéphanie ROULAND**, pour l'aide apportée à la relecture de ce rapport et ses conseils avisés sur le travail de rédaction.

Je témoigne aussi toute ma gratitude à Monsieur **Fah KONE**, ancien manager de l'équipe, qui m'a accordé sa confiance en me sélectionnant parmi les candidats lors de la phase de recrutement.

Enfin, je souhaitais bien évidemment remercier l'ensemble de **l'équipe RADIO-NC** d'Orange, pour leur accueil, leur aide ainsi que pour la bonne ambiance dans ce service.

Pour conclure, je souhaitais adresser des remerciements à ma famille et à mes amis pour leurs soutiens constants.

# SOMMAIRE

Introduction .....	6
Contexte du projet de fin d'étude .....	7
Le département ingénierie mobile d'Orange France .....	7
Engage 2025 : le plan stratégique .....	8
État des lieux des réseaux mobile .....	9
Architecture réseau mobile et service VoLTE .....	10
Cadrage du projet .....	14
L'activité d'optimisation du réseau mobile.....	14
Optimisation complexe : l'étude du cas de la zone de Bricquebec.....	16
Définition des besoins et sondage utilisateurs .....	20
Plannification et organisation globale du projet.....	21
Le service VoLTE : extraction et analyse des messages.....	22
Définir et détecter les coupures VoLTE .....	22
Analyse des messages VoLTE : les sondes anritsu .....	26
Analyse des messages VoLTE : le big data.....	37
Localisation des messages de coupures VoLTE .....	40
Localisation des terminaux utilisateur .....	40
Localisation des détections d'incidents .....	41
Implémentation de la solution .....	43
Visualisation cartographique de messages réseau .....	43
Automatisation de l'extraction et l'utilisation des datas .....	47
Tests utilisateurs, validations et axes d'amélioration .....	51
Conclusion .....	52
Bilan personnel .....	53
Annexes.....	54
Glossaire .....	61
Table des illustrations .....	63
Table des tableaux.....	64
Bibliographie .....	65

# INTRODUCTION

« Offrir une expérience client incomparable », n'est chez Orange, pas qu'un simple slogan. En effet, de nombreux collaborateurs s'attèlent à travailler en ce sens. C'est aussi tout l'objet de ce projet de fin d'étude.

Outre la qualité de service que nous suivons d'ores et déjà chaque jour pour offrir un réseau irréprochable à nos clients, nous nous devons d'améliorer l'expérience Orange. Cette expérience Orange, c'est celle que vivent nos presque 22 millions de clients qui utilisent nos services sur le réseau mobile.

Nous nous poserons la question de la façon dont nous pouvons, à notre niveau, toucher du doigt le ressenti que peut avoir un client en utilisant nos services. Nous nous focaliserons d'ailleurs sur les services les plus sensibles, qui peuvent le plus impacter cette expérience client, les appels mobiles.

Nous essaierons dans un premier temps de comprendre le fonctionnement des réseaux mobile afin de pouvoir au mieux définir et cadrer notre projet. Ensuite, nous débiterons les parties techniques pour la facilitation de la mise en œuvre d'actions proactives visant à l'amélioration de nos services. Nous terminerons par implémenter la solution retenue en la proposant à notre équipe et en analysant leurs retours d'expérience.

La finalité de ce projet sera de visualiser concrètement les clients dit « sensibles » au travers des messages transitant sur le réseau. Cela, en étant certains de retranscrire au mieux les évènements du réseau et ainsi, le ressenti du client.

Pour n'avoir qu'un seul objectif, avoir la possibilité de mettre en œuvre des actions d'optimisation proactives sur le réseau, pour éviter toute problématique pour n'importe quel client.

# CONTEXTE DU PROJET DE FIN D'ETUDE

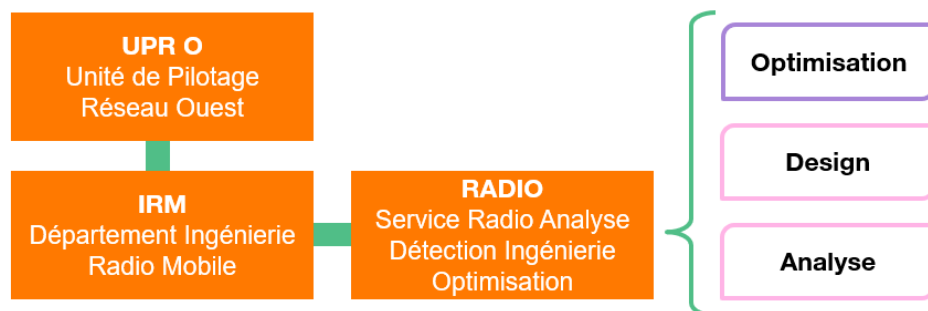
## LE DEPARTEMENT INGENIERIE MOBILE D'ORANGE FRANCE

Orange est l'opérateur historique français. D'abord appelé France Telecom, Orange est maintenant un fournisseur d'accès internet mondial majeur en comptant plus de 263 millions de clients répartis dans 29 pays du monde.

En France, Orange se place en tant qu'opérateur premium, en souhaitant délivrer un accès réseau avec des performances supérieures à ses concurrents.

Au sein de l'Unité de Pilotage Réseau Ouest d'Orange (UPR-O) se trouve deux domaines distincts, le domaine du réseau fixe, où nous retrouvons par exemple les services liés aux réseaux ADSL, fibre et le domaine du réseau mobile. C'est donc tout naturellement que nous retrouvons le département d'Ingénierie du Réseau Mobile (IRM). Ce département est composé d'un service d'expertise radio (ERQ) ainsi que le service d'ingénierie radio (IR) dont je fais partie.

À la suite d'une réorganisation opérée fin 2019, le service d'ingénierie radio est décomposé en trois activités, l'analyse, le design et l'optimisation.



J'ai eu la chance d'évoluer et de monter en compétences sur l'ensemble de ces activités toutes très différentes avec leurs lots de spécificités.

- L'analyse : lorsque des problèmes majeurs apparaissent sur des sites mobiles, des alarmes s'activent. Le but est donc de trouver la cause de ces alarmes pour les résoudre, en réalisant soit même des télé-actions ou en faisant intervenir des équipes sur place.
- Le design : des objectifs de couverture radio sont émis par le service de marketing réseau (APR). Dans le but de les atteindre, cette activité consiste en l'étude et le suivi du déploiement de nouveaux sites mobile.
- L'optimisation : c'est l'activité sur laquelle je vais évoluer pour ce projet de fin d'étude. Nous l'aborderons dans la suite de ce rapport.

Ces activités et notamment l'activité d'optimiseur contribue fortement au positionnement « premium » du réseau d'Orange. C'est aussi dans ce cadre que tous les 5 ans des plans stratégiques sont mis en place par le comité de direction du groupe.

# ENGAGE 2025 : LE PLAN STRATEGIQUE

Le dernier plan en date proposé en 2020 par le comité de direction anciennement présidé par Stéphane Richard est le plan Engage 2025.



Figure 2 : Logo stratégie Engage 2025

Ce plan stratégique détermine les grandes politiques pour l'entreprise au travers de quatre ambitions :

- Ambition #1 : Réinventer le métier d'opérateur. L'objectif est de renforcer le leadership d'Orange sur sa connectivité. En effet, par exemple, dans le domaine du réseau mobile, Orange est l'opérateur numéro 1 depuis plus de 10 années consécutives en termes de qualité de service.
- Ambition #2 : Accélérer sur les territoires porteurs de croissance.
- Ambition #3 : Placer la data et l'IA au cœur de notre modèle d'innovation.
- Ambition #4 : Construire ensemble l'opérateur de demain.

Orange, l'opérateur leader, a subi des changements majeurs au sein de son organisation notamment avec le changement de sa direction. Stéphane Richard, anciennement Président-Directeur-Général a laissé sa place avant la fin de son mandat. La nouvelle direction est assurée par un tandem entre Christelle Heydemann<sup>1</sup>, nouvelle directrice générale, et Jacques Aschenbroich<sup>2</sup> nouveau président non-exécutif.



Figure 3 : Portraits ex-PDG, DG et Président

<sup>1</sup> [https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/industries/qui-est-christel-heydemann-nouvelle-pdg-d-orange\\_AN-202201280206.html](https://www.bfmtv.com/economie/entreprises/industries/qui-est-christel-heydemann-nouvelle-pdg-d-orange_AN-202201280206.html)

<sup>2</sup> <https://investir.lesechos.fr/actions/actualites/orange-nomme-jacques-aschenbroich-a-la-presidence-de-son-conseil-d-administration-2009838.php>



## ÉTAT DES LIEUX DES RESEAUX MOBILE

Ces plans stratégiques et ce changement de direction arrivent à un moment clé pour la partie mobile de l'opérateur. En effet, si une réelle bataille commerciale a débuté entre les FAI avec l'arrivée de Free sur le marché du mobile dans les années 2010, cette concurrence n'a jamais été aussi tendue.

Free a radicalement bousculé le marché en proposant des prix cassés, obligeant les autres opérateurs à s'adapter. Orange a donc créé sa filiale Sosh, proposant des forfaits mobiles à prix réduit. Cependant, Orange a quant à lui, fait le choix de garder un positionnement d'opérateur premium.

C'est-à-dire qu'Orange se doit d'offrir à ses clients des services irréprochables tout en maintenant une excellente qualité de réseau.

Un organisme indépendant, l'Autorité de régulation des communications électroniques, des postes et de la distribution de la presse, l'ARCEP, s'active chaque année à livrer un classement des opérateurs selon leur qualité. L'ARCEP réalise alors des mesures et des tests partout en France.

C'est donc tout au long de l'année des efforts qui sont faits dans le but d'améliorer le réseau au mieux pour qu'Orange reste, l'opérateur numéro 1 comme c'est le cas depuis ces 11 dernières années. Les enjeux sont importants et cela dans un contexte de montée en charge de la 4G.

Le trafic sur le réseau mobile est en constante augmentation depuis ces dernières années. De plus, certains réseaux comme la 2G et la 3G tendent à s'arrêter par soucis d'économies<sup>3</sup>.

Certains services sont donc en passe de devenir stratégiques. C'est d'ailleurs le cas pour les appels passés sur la technologie 4G, la VoLTE. Son taux de coupure ou « drop call rate » est ainsi un des indicateurs le plus suivi.

C'est dans cet optique que le réseau est sans cesse optimisé. Cette activité fait partie intégrante des principales missions de mon service.

---

<sup>3</sup> <https://www.ouest-france.fr/high-tech/orange-va-debrancher-les-reseaux-2g-et-3g-en-france-d-ici-a-2028-7657253>

# ARCHITECTURE RESEAU MOBILE ET SERVICE VOLTE

Afin d'aller plus loin dans cet état des lieux, intéressons-nous rapidement à l'architecture des réseaux mobile. Nous commencerons par l'aspect matériel, puis nous détaillerons jusqu'au fonctionnement des services tels que la VoLTE.

Nous pouvons voir ci-dessous dans cet exemple un site radio, composé de 3 secteurs. Le parc des sites mobiles est majoritairement en configuration trisecteurs avec quelques variantes en un, deux, quatre voire six secteurs.

Les antennes qui vont émettre les ondes radios sont placées dans ces secteurs.

Ces secteurs sont connectés aux modules radios via les feeders, de longs câbles coaxiaux qui parcourent l'ensemble du pylône. C'est en bas que nous retrouvons les modules radio qui vont moduler les signaux pour émettre et recevoir sur plusieurs bandes de fréquence.

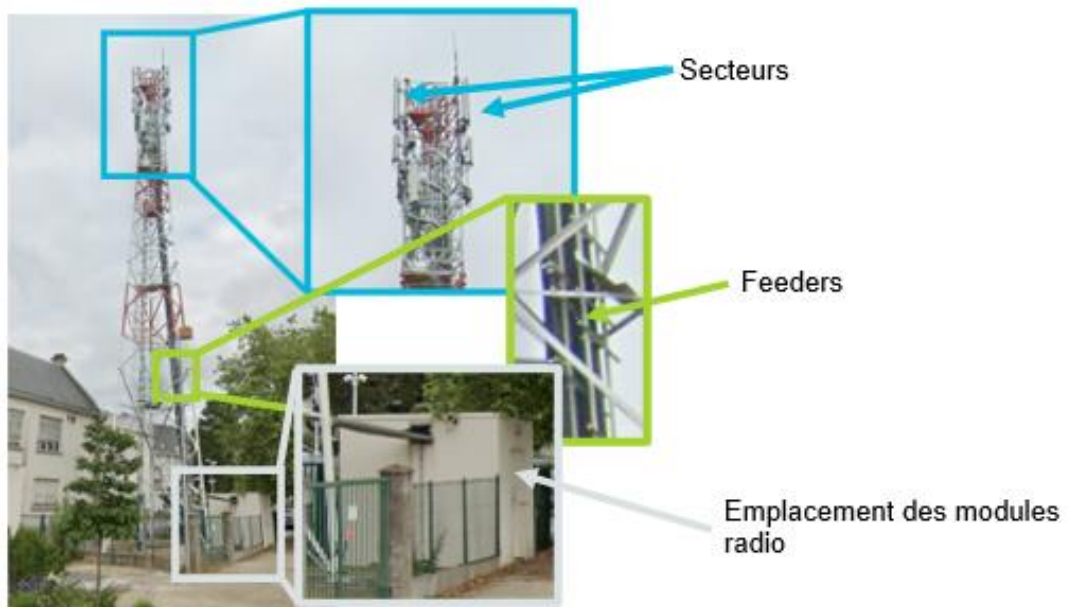


Figure 4 : Schéma des principaux composants d'un site mobile

Nous voyons ici un cas assez général mais tous les sites sont différents pour correspondre à leur environnement et à la stratégie adoptée : topologie du terrain, concentration de population, axes routiers ou lignes de chemin de fer à proximité, etc.

Nous pouvons alors mettre des modules radio en haut du pylône, ajuster la capacité du site en ajoutant, ou en supprimant des bandes de fréquence et ajuster les paramètres.

Puisque en effet, la 4G peut-être émise sur plusieurs bandes de fréquence et chaque opérateur en a de réservées. Nous retrouvons ci-dessous un récapitulatif des différentes bandes de fréquence que nous utilisons pour émettre de la 4G dans le sens descendant (Down Link/DL) ou dans le sens montant (Up Link/UL)

<i>Dénomination des bandes de fréquence sur le SI</i>					
<b>Bandes de fréquences</b>	<b>K</b>	<b>F</b>	<b>H</b>	<b>V</b>	<b>E</b>
<i>Fréquence (en MHz)</i>	700	800	1800	2100	2600
<i>Largeur (en MHz)</i>	10	10	20	15	20

Tableau 1 : Bandes de fréquence en 4G

Nous pouvons retrouver ces bandes sur notre système d'informations, elles correspondent à des cellules. Par exemple, nous pouvons voir ci-dessous un site radio avec 3 secteurs, comportant 5 cellules sur chaque secteur.

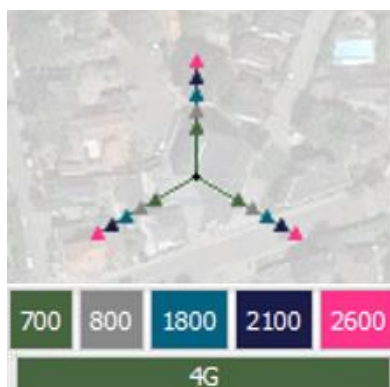


Figure 5 : Symbole d'un site radio sur le système d'information

Nous pouvons donc retrouver sur ce site 15 cellules, désignées sous le format :

<<Nom du site>>\_<<Bande de fréquence>><<Numéro du secteur>>

Sur la 4G, nous estimons qu'un site couvre à un niveau satisfaisant dans un rayon de 2 à 4 voire 5 kilomètres en zone rurale. Il va donc être nécessaire de déployer un nombre important de sites mobile pour couvrir l'ensemble du territoire français.

Ces nombreux sites mobiles seront interconnectés entre eux via des liens et toute une infrastructure pour donner accès aux services.

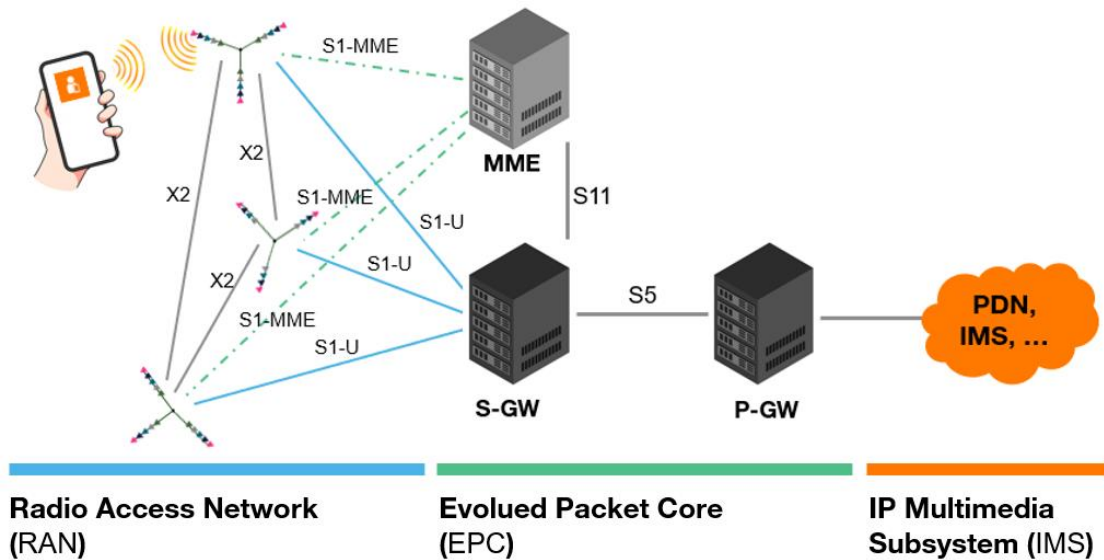


Figure 6 : Architecture du réseau LTE

Les équipements utilisateurs (UE) ou terminaux, sont connectés aux sites ou eNodeB sur le réseau 4G. Cette partie du réseau se nomme le réseau d'accès (RAN). Plusieurs évolutions sont apparues avec la 4G et notamment, les liens X2. Ces liens interconnectent les eNodeB voisines entre elles. Ces liens permettent d'améliorer les principes de mobilité entre les eNodeB.

Nous parlons de mobilité lorsque qu'un terminal, en communication avec une eNodeB X reçoit un niveau de champs inférieur qu'un eNodeB Y a les capacités de lui transmettre. Le terminal effectue alors un HO ou « handover » pour passer d'une eNodeB à une autre.

C'est à dire que de façon transparente pour l'utilisateur, la connexion va être établie sur la seconde eNodeB, sans aucune coupure.



Figure 7 : Schéma d'un handover

Ensuite, ces eNodeB sont connectées au réseau cœur, l'EPC, via le lien S1-U vers les S-GW et via le lien S1-MME vers les MME.

L'Evolved Packet Core ou EPC est composé de 3 équipements principaux :

- **MME** : Mobility Management Entity
  - Le MME gère le plan de signalisation réseau
- **S-GW** : Serving Gateway
  - Le SGW gère le plan data
- **P-GW** : Packet Data Network Gateway
  - Le PGW donne accès à Internet et aux services multimédia

C'est donc le PGW qui va donner accès à Internet via la connectivité IP, (le PDN, Packet Data Network). C'est aussi le PGW qui va donner accès aux services multimédia (l'IMS, IP Multimédia Subsystems).

Dans notre cas, c'est cet IMS qui va nous intéresser puisque c'est l'IMS qui donne accès aux services comme la voix sur 4G ou Voice on LTE (VoLTE).

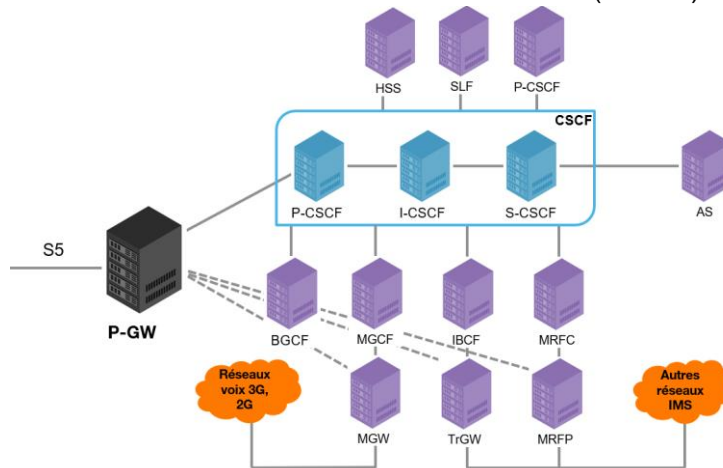


Figure 8 : Architecture de l'IMS

Pour qu'un abonné puisse accéder au service VoLTE, il est nécessaire à la fois que son terminal soit compatible mais aussi que son abonnement le lui permette.

Lors d'un appel VoLTE, dans le cas où les conditions radios se dégradent et ne permettent plus d'accéder à la 4G ou dans le cas où l'utilisateur n'a pas accès au service VoLTE, il existe le CSFB. Le CSFB ou CS Fallback, est une procédure où le terminal va, en assurant une continuité de service, redescendre sur le réseau 3G pour assurer l'appel.

Un appel VoLTE s'établit à la suite d'une procédure très stricte en plusieurs phases. En effet, le réseau LTE ou 4G étant de base mis en place pour de l'échange de données seulement, il faut donc prioriser les flux VoLTE. Hiérarchiser les flux en priorisant les flux VoLTE permet de s'assurer de la bonne transmission des paquets voix et dans le bon ordre.

Pour prioriser les flux, des sortes de tunnels, appelés « bearer » sont mis en place entre les différents équipements du réseau d'accès. Ensuite, à chaque bearer va être attribué un identifiant de classe de qualité de service (QCI). Nous retrouvons ci-dessous un tableau des principaux QCI dans notre cas.

QCI	Priorité	Délais max	Ratio de perte max	Exemple de services
1	2	100ms	$10^{-2}$	VoLTE
3	3	50ms	$10^{-3}$	Jeux vidéo en temps réel
5	1	100ms	$10^{-6}$	Signalisation IMS
8	8	300ms	$10^{-6}$	Emails, web, autres services TCP...

Tableau 2 : Exemples de classes de QoS (QCI)

Dans un processus normal, un bearer par défaut va être mis en place pour communiquer la signalisation IMS, c'est le bearer de QCI 5. Ensuite nous mettons en place le bearer dédié à la VoLTE, de QCI 1. Nous nous en servons pour détecter les coupures sur le service VoLTE.

# CADRAGE DU PROJET

## L'ACTIVITE D'OPTIMISATION DU RESEAU MOBILE

Ce projet se déroulera donc sur le périmètre de l'activité d'optimiseur radio. Après avoir passé un an sur l'activité d'analyste et un an sur l'activité d'ingénierie, je vais donc dans un premier temps devoir monter en compétence sur ce nouveau périmètre. Cette activité a pour objectif d'obtenir le meilleur du réseau d'Orange avec l'architecture existante. C'est-à-dire maximiser le périmètre de la couverture réseau tout en maximisant la qualité radio.

Une équation compliquée à résoudre puisqu'étendre la couverture peut potentiellement dégrader la qualité radio. Inversement, réduire la couverture peut améliorer la qualité radio. Cependant, nous retirons potentiellement l'accès au réseau mobile à des clients qui en bénéficiaient auparavant.

Pour ce faire, nous avons une multitude de paramètres sur lesquels nous pouvons jouer afin de résoudre au mieux cette équation entre la couverture et la qualité. Aussi, pour suivre l'évolution de cette qualité de réseau, nous avons à notre disposition un grand nombre d'indicateurs de performance, autrement appelés Key Performance Indicator (KPI). Ces KPI utilisent des compteurs d'évènements liés au système même des sites mobiles, nous parlons de KPI OSS (Operations Support System).

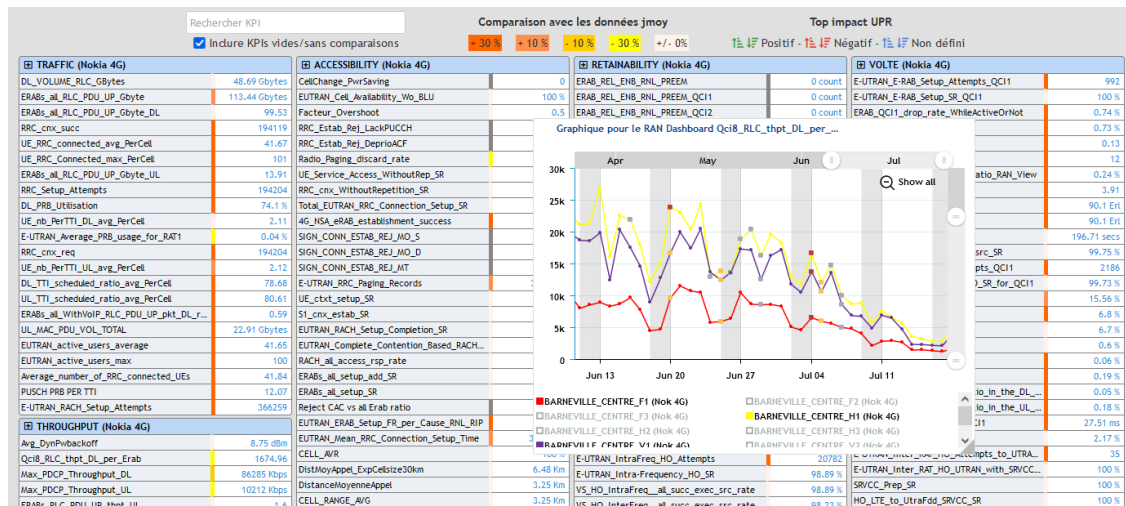


Figure 9 : Interface du tableau de bord des KPI OSS

L'optimiseur va s'intéresser principalement à des dérives lentes de ces KPI OSS. C'est-à-dire des dérives sur des périodes longues mettant en lumière des dégradations progressives qui peuvent affecter grandement la qualité du réseau.

Résoudre ces dégradations permet à la fois d'améliorer le ressenti client et conserver une qualité premium de réseau pour rester le meilleur réseau mobile dans le classement annuel de l'ARCEP. Cette activité est donc stratégique pour l'entreprise.

Ces dérives lentes peuvent avoir plusieurs explications. Elles peuvent être dues à des changements climatiques, des modifications de la topologie de l'environnement, des déplacements de la population... Pour mieux les observer, des alerteurs ont été configurés pour faire remonter les cellules en dérive.

Chaque ingénieur sur l'activité d'optimisation va donc se voir attribuer une zone géographique, ou « une plaque ». Avec mon maître d'apprentissage, je vais particulièrement travailler sur ses plaques, la plaque « *CHERBOURG* » et « *AUTRES50* ». En plus de travailler sur l'optimisation de ses plaques, l'optimiseur peut travailler sur des Plans d'Actions (PA). Nous pouvons citer les PA événementiels pour surveiller de près les événements sportifs, les festivals, etc. Nous pouvons aussi citer notre PA ARCEP qui vise à améliorer la qualité en ciblant en priorité les indicateurs de l'ARCEP.

Personnellement en parallèle de ce PFE, pour monter en compétence, j'ai travaillé sur le PA saisonnier. Ce plan d'action vise, lors de la période estivale, à apporter une attention particulière sur les sites mobiles côtiers et implantés sur les sites touristiques. En effet, ces sites qui ne génèrent que peu de trafic le reste de l'année doivent supporter une grande affluence en période estivale, entre juillet et août.

Pour ce plan d'action, un processus spécifique a été mis en place et j'ai été mis en binôme avec un autre alternant de l'équipe d'Expertise Radio Qualité (ERQ).

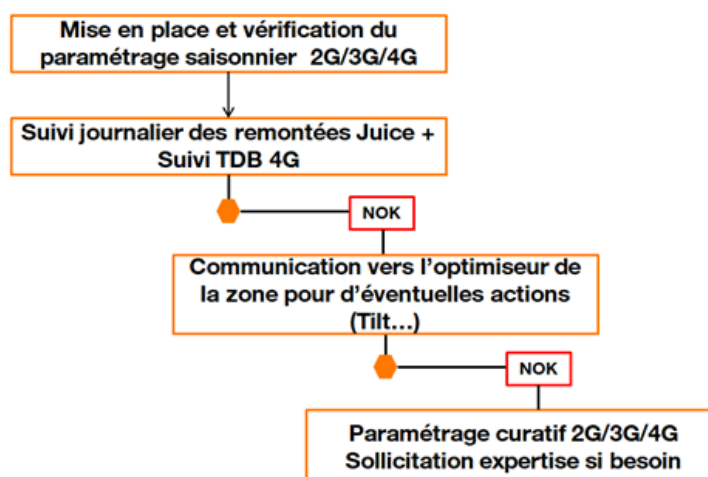


Figure 10 : Processus du plan d'action saisonnier

Nous avons débuté par mettre en place des alerteurs sur des indicateurs spécifiques sur la 2G/3G/4G/5G (cf. Annexe I – Indicateurs saisonnier).

Ensuite, chaque jour, nous relevons les cellules radio qui remontent dans ces indicateurs et en fonction des cas soit :

- Nous les transmettons aux optimiseurs de la zone concernée. Ceux-ci pourront mieux comprendre les problématiques liées à la zone et ainsi les corriger au mieux.
- Nous passons des paramétrages antennaires spécifiques.

Enfin, chaque semaine, nous produisons un rapport complet, à destination de la direction Orange grand ouest pour que la direction puisse suivre la qualité et les performances du réseau.

## OPTIMISATION COMPLEXE : L'ETUDE DU CAS DE LA ZONE DE BRICQUEBEC

Ce plan d'action démontre bien à quel point l'optimisation du réseau est un élément stratégique d'Orange. Cela m'a permis de monter en compétence sur l'activité d'optimisation, puisque j'ai aussi eu à m'occuper de la plaque « AUTRES50 ». Cette plaque correspond à la zone géographique du département de la Manche, sans la zone urbaine de Cherbourg.

J'ai eu à traiter plusieurs cas d'optimisation mais nous pouvons nous attarder sur un cas spécifique sur la cellule BRICQUEBEC\_F2 qui résume bien l'activité et sa complexité. Nous étudions donc le secteur 2 de la bande de fréquence 800 en 4G du site BRICQUEBEC. Cette cellule est désignée par l'alerteur des coupures de communications. C'est-à-dire que lentement, le nombre de coupures de communications à augmenter comme nous pouvons le voir sur le graphique ci-dessous.

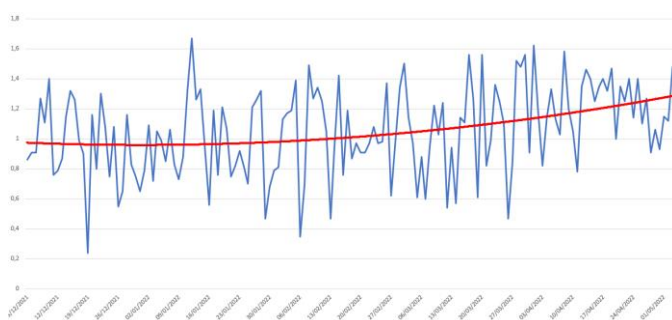


Figure 11 : Taux de coupures et tendance du KPI OSS du DCR VoLTE

La courbe bleue représente l'évolution du taux de coupure des communications au cours du temps sur une période entre décembre 2021 et le 4 mai 2022, date à laquelle l'alerteur a remonté la cellule. Nous remarquons qu'il n'y a pas de décrochage franc mais une lente dérive. Pour bien s'en apercevoir nous pouvons nous attarder sur la courbe rouge qui représente la courbe de tendance.

Sur nos indicateurs, nous remarquons que la distance de prise de communication a nettement augmenté et a atteint plus de 5 km. Un outil, appelé Osiris Map nous permet d'obtenir une carte des sites mobile et le module V3D montre les capacités de couverture radio.

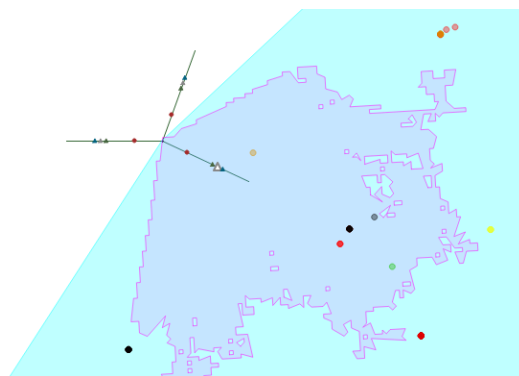


Figure 12 : Couverture radio d'une cellule d'un site mobile



Sur la figure précédente, chaque trait noir représente un secteur du site mobile, chaque rond sur ces traits représente une cellule. La zone en bleu représente la direction dans laquelle le secteur émet et la zone en violet représente quant à elle la capacité de couverture prenant en compte de multiples paramètres comme la topologie du terrain, la puissance d'émission, la hauteur de l'antenne, son orientation, etc.

Les points de différentes couleurs représentent des mesures qui sont remontées par les terminaux de clients. Or, nous remarquons que certains points sont en dehors de cette zone violette. C'est ce que nous appelons « l'overshoot ». Lorsqu'un terminal se connecte à une cellule au-delà de ses capacités en termes de distance.

Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que c'est cet overshoot qui cause ces coupures de communications et donc l'augmentation du taux de coupure sur l'indicateur.

Pour optimiser la zone, j'ai choisi de modifier le tilt de l'antenne. C'est-à-dire modifier l'orientation verticale pour l'abaisser et ainsi restreindre la couverture pour éviter l'overshoot.

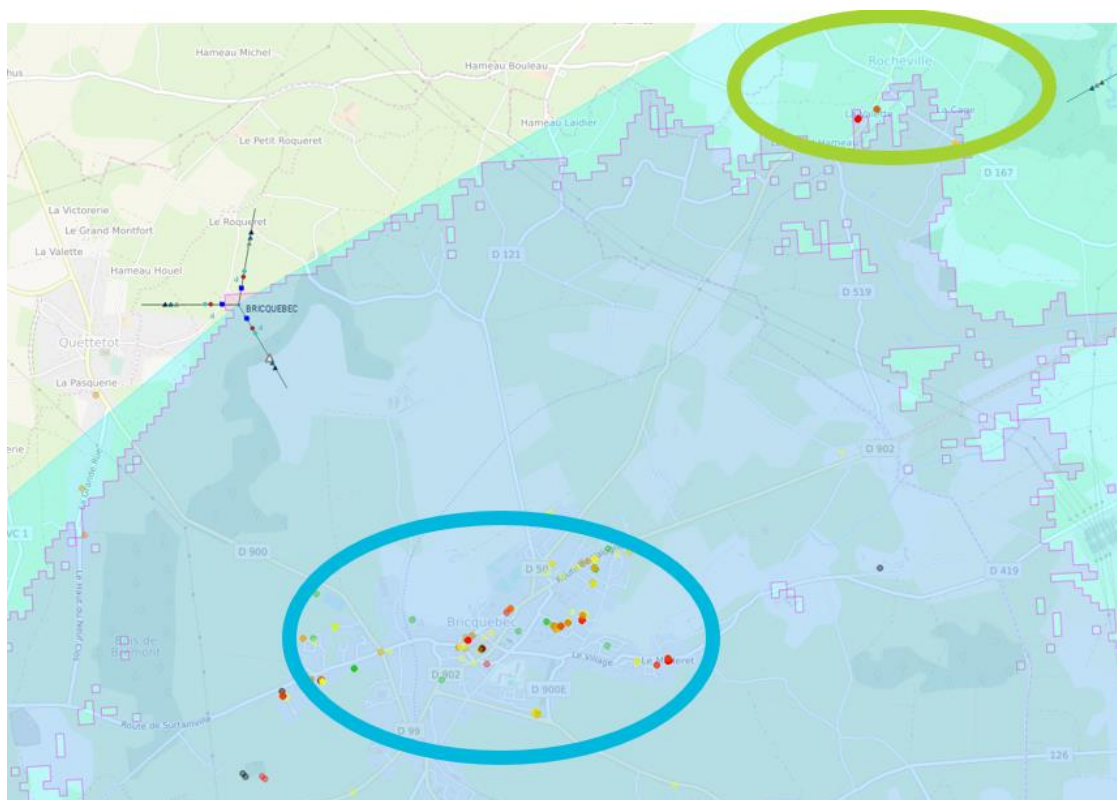


Figure 13 : Zoom sur la zone de couverture et mise en évidence de l'overshooting

Les points représentant les terminaux des clients sont maintenant beaucoup plus concentrés dans le cercle bleu, la ville de Bricquebec. Aussi, il y a beaucoup moins de terminaux en dehors de la zone violette comme nous pouvons le voir dans le cercle vert. L'indicateur du taux de coupure est donc à la suite de cette optimisation, revenu à un niveau correct.

Le souci étant que dans la zone verte, se trouve la petite ville de Rocheville. S'ils avaient une couverture radio qui était de mauvaise qualité, ils bénéficiaient tant bien que mal d'une couverture radio. La modification du tilt leur a supprimé cette couverture radio, s'en est donc suivi un nombre important de plaintes de clients.

Le service client m'indique donc que le ressenti client est devenu très mauvais sur cette zone. J'ai choisi de modifier les paramètres d'un autre site mobile environnant pour reprendre cette couverture radio pour à la fois :

- Garder l'indicateur du site de Bricquebec dans le vert, ce qui était notre problématique principale
- Améliorer la couverture radio et le ressenti client sur la zone de Rocheville

Sur la zone ci-dessous nous observons :

- Le site de Bricquebec
- La ville de Rocheville dans le cercle vert
- 2 sites radio à proximité potentiellement utiles pour reprendre la couverture

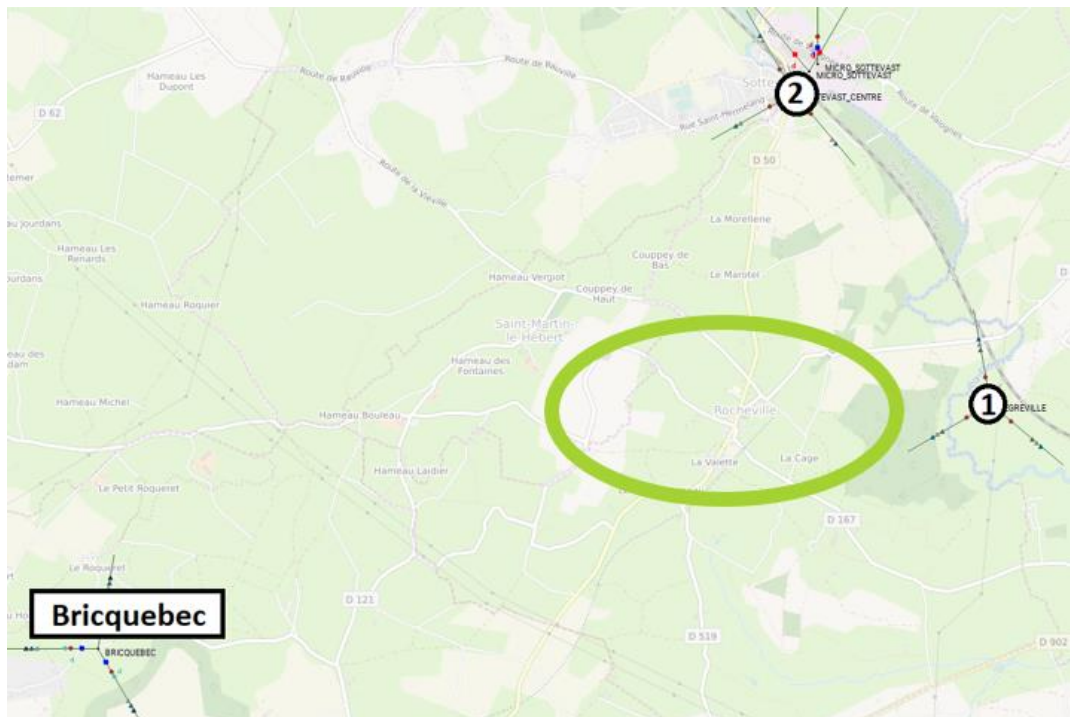


Figure 14 : Cartographie de la zone et des sites environnants

Il peut sembler que le site numéro 1 sur l'image ci-dessus soit le mieux placé pour reprendre la couverture perdue. Cependant, en étudiant la topologie du terrain, nous nous apercevons qu'une colline obstrue la couverture.

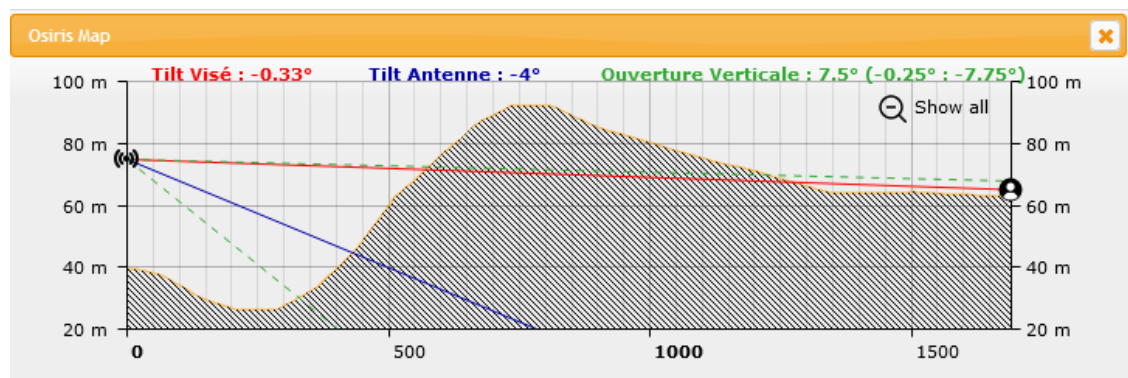


Figure 15 : Topologie du terrain proche du site 1

Nous allons donc tenter de reprendre la couverture à l'aide du site mobile numéro 2. Une modification du tilt a été opérée pour pouvoir maintenant à l'inverse étendre la couverture, sans pour autant l'étendre de trop.

Après suivi des indicateurs, l'opération semble s'être bien passé et avoir porté en partie ses fruits. Le service client, en relation avec la mairie de Rocheville, nous indique que le ressenti client s'est amélioré. Néanmoins, ils indiquent aussi que la couverture n'est toujours pas de qualité assez satisfaisante, en tout cas, que la couverture était meilleure auparavant.

J'ai donc choisi d'apporter une nouvelle optimisation en continuant dans ce sens. J'ai utilisé 2 nouveaux leviers pour l'amélioration de la qualité sur place :

- Augmenter la puissance d'émission du site 2 sur la carte pour s'assurer de la bonne couverture de celui-ci sur la ville de Rocheville
- Améliorer la mobilité afin d'éviter les coupures au moment du changement de cellules

Pour savoir à quel moment faire ce changement de cellules, que nous appelons un « handover », il existe l'évènement A3 ci-dessous en vert. Cet évènement A3 mesure la différence entre les niveaux de champs radio pour décider ou non de faire ce handover vers une cellule voisine.

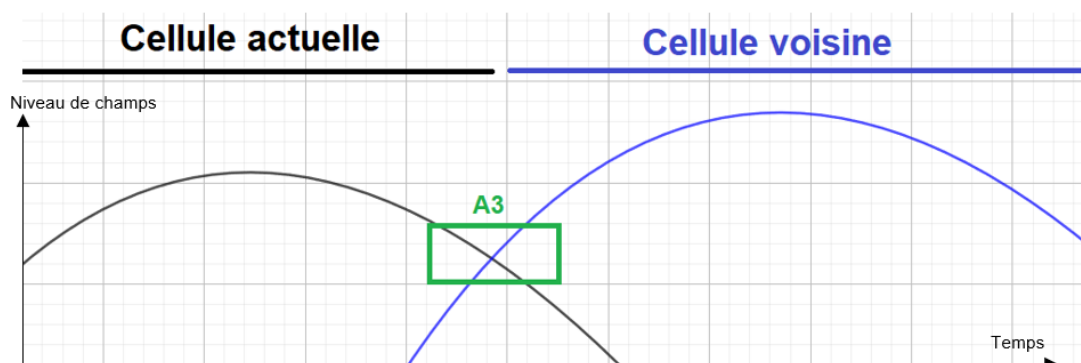


Figure 16 : Niveau de champ reçu en fonction du temps lors d'une mobilité

Pour accélérer ou au contraire retarder ce handover, il existe le paramètre du cell individual offset (CIO) qui modifie le déclenchement de l'évènement A3 en 4G. J'ai donc ajusté les CIO entre les cellules voisines au site numéro 2 et au site de Bricquebec pour améliorer cette mobilité entre cellule et ainsi éviter des coupures de communication supplémentaires.

Après plusieurs semaines, le service client m'indique que la mairie de Rocheville est satisfaite du réseau que nous lui fournissons et l'ensemble des indicateurs des sites de la zone sont revenus à un niveau acceptable (cf. *Annexe II - Tendances DCR VoLTE*). Ce cas d'optimisation démontre bien toute la complexité de maximiser la zone de couverture tout en maximisant la qualité radio.

Cela démontre aussi que des KPI à un niveau correct ne reflètent pas forcément un bon ressenti client. Pour aller plus loin, il est donc nécessaire de penser sous un nouvel angle, sous un angle de qualité d'expérience client. Il faut mettre en lumière ces clients qui peuvent être « en souffrance » mais qui sont potentiellement dilués dans ces KPI comme ça a pu être le cas dans cet exemple. Pour ce faire, les optimiseurs auront besoin de nouvelles méthodes.

## DEFINITION DES BESOINS ET SONDAGE UTILISATEURS

Pour s'assurer de la valeur ajoutée de ce projet de fin d'étude, un sondage a été mis en place à destination de l'équipe sur l'activité d'optimisation. Un outil orienté client, nommé CxGP est déjà mis en place mais il n'est pas ou peu utilisé.

L'objectif de ce sondage est donc double, c'est à la fois comprendre :

- La faible utilisation de l'outil CxGP déjà en place
- Le besoin réel de l'équipe en termes de visualisation, d'interface et de données disponibles pour la résolution des problématiques complexes et l'amélioration de la qualité d'expérience client

C'est donc de cette façon qu'a été pensé et organisé ce sondage, en 2 parties :

- Introduction – Indicateur CxGP
- Indicateur levier QoE

J'ai utilisé LimeSurvey pour faire ce sondage. En effet LimeSurvey est un outil qui permet de faire des groupes de questions, et faire plusieurs scénarios de réponses. Cela m'a permis de faire un questionnaire efficace, rapide et personnalisé en fonction des réponses inscrites à la volée.

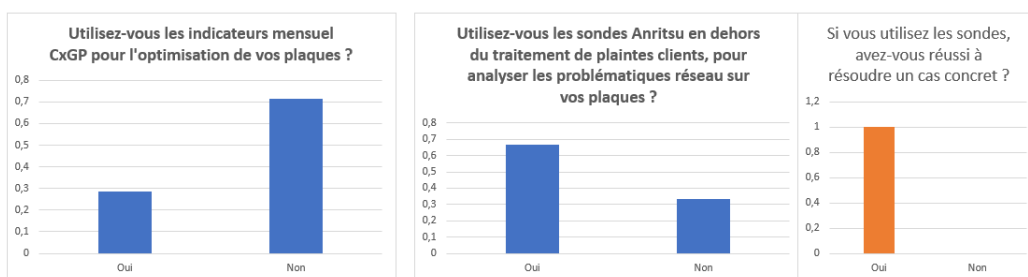


Figure 17 : Extrait des statistiques du sondage utilisateur

A la clôture de ce sondage, celui-ci totalisait un nombre satisfaisant d'une dizaine de réponses (cf. *Annexe III - Réponses et questions détaillées du sondage*).

Seulement moins de 30% des répondants utilisent l'outil déjà en place CxGP. L'ensemble des répondants est d'accord pour dire que cet outil est facilement compréhensible et qu'il est simple d'utilisation. Néanmoins ils sont beaucoup plus partagés sur le fait que cet outil réponde réellement à leur besoin.

En effet, dans la zone de commentaire libre, les répondants sont d'accord pour dire qu'il manque des possibilités de filtrage sur des zones précises et des fonctionnalités d'export pour analyser plus facilement les résultats. Ils expriment aussi en plus d'une localisation plus précise, la possibilité d'avoir ces données sur des outils qu'ils utilisent déjà.

Sur la deuxième partie du questionnaire, presque 70% des répondants expriment le fait d'utiliser régulièrement les sondes réseau avec succès dans leur travail et ce pour des cas très variés. Nous pouvons lire que les répondants utilisent les sondes pour identifier des cellules serveuses, des problématiques d'accessibilité, de mobilité, de mobile pollueur ou encore de congestion du réseau.

# PLANNIFICATION ET ORGANISATION GLOBALE DU PROJET

Le sondage des besoins utilisateurs nous a permis de mieux comprendre les attentes ainsi que les besoins de l'équipe sur ce projet de fin d'étude.

Pour ce projet de fin d'étude, nous nous attarderons sur la partie des coupures de communication sur la technologie 4G car c'est actuellement un point stratégique sur lequel Orange peut se mettre en avant. Ce sont à la fois des dégradations qui peuvent impacter très fortement l'expérience client sur le réseau d'Orange et à la fois un élément où la marge de progression est importante pour se démarquer des opérateurs concurrents.

Nous tenterons donc de mieux mettre en avant le ressenti client. En effet, détecter un mauvais ressenti client pourra nous permettre de résoudre de façon proactive les problématiques avant même que le client n'ait à appeler le service client. C'est cette proactivité sur le réseau qui nous permettra aussi d'améliorer la qualité d'expérience client (QoE) sur le réseau d'Orange.

La détection et la mise en avant du mauvais ressenti client, au vu des résultats du sondage des besoins de l'équipe, nécessitera :

- Une précision au niveau de la cellule, ou au moins du secteur
- De pouvoir filtrer sur des zones, avoir les résultats sur une zone
- De pouvoir exporter les données pour avoir le détail, que ce soit au niveau des cellules qui détectent les problématiques ou des terminaux avec un mauvais ressenti client
- Une exploitabilité via des outils que l'équipe utilise déjà

Ces besoins laissent un nombre important de solutions pour ce projet sur la méthode à mettre en place. Cependant, ce projet comporte de nombreuses difficultés, que ce soit sur le nombre de données à traiter et analyser, sur la difficulté à détecter des coupures de communication ou à cause des limitations techniques des outils actuels.

Nous organiserons ce projet sur de multiples jalons et nous les délimiterons à l'aide d'un rétroplanning sous forme d'un diagramme de Gantt. Nous définirons 4 grands jalons composés d'une ou plusieurs tâches (*cf. Annexe IV – Diagramme de Gantt*).

Jalons	Tâches projet	Début	Fin
<b>Métier</b>	Montée en compétence sur la partie optimisation	S15	S18
<b>Cadrage</b>	Définition du projet	S16	S17
	Planification et cadrage	S17	S18
	Conception d'un sondage	S18	S18
	Envoi et analyse des résultats	S19	S21
<b>VoLTE</b>	Recherche sur le fonctionnement de la VoLTE	S19	S23
	Définition d'un DROP VoLTE	S22	S24
	Test de capture des drops sur les sondes	S24	S27
	Analyse des messages de drop	S25	S28
<b>Implémentation</b>	Affichage sur Map	S27	S30
	Tests utilisateur & RetEx	S30	S32

Tableau 3 : Tableau récapitulatif du diagramme de Gantt

# LE SERVICE VOLTE : EXTRACTION ET ANALYSE DES MESSAGES

## DEFINIR ET DETECTER LES COUPURES VOLTE

Dans un premier temps, pour détecter une coupure ou un drop, sur la technologie VoLTE, il est nécessaire de définir ce que nous allons considérer comme un drop.

Du point de vue du client, et de son ressenti, un drop VoLTE est clair. Lors d'une communication ou de l'établissement de cette communication voix sur la 4G, celle-ci coupe, sans raison apparente. L'expérience client sur le réseau d'Orange se voit alors nettement dégradée car le client ne va pas pouvoir utiliser son service à son potentiel maximum.



Figure 18 : Logo commercial de la VoLTE

De plus, nous l'avons vu, la VoLTE est un axe stratégique :

- C'est d'abord un service de qualité supérieur,
- C'est aussi une fonctionnalité où les fournisseurs de service peuvent encore nettement se différencier et mettre en avant des services premium comme souhaite le faire Orange,
- C'est enfin, au vu du de l'arrêt progressif et programmé des autres technologies 3G, 2G, une nécessité que d'offrir une connectivité maximale sur la VoLTE tout en la maîtrisant parfaitement.

Il faut maintenant que cette expérience utilisateur soit traduite pour notre vision opérateur. Cela nous permettra de détecter, et d'agir, de façon proactive pour le bien de nos clients. C'est en améliorant cette qualité de service de façon proactive que nous améliorerons l'expérience utilisateur en résolvant les problématiques clients avant même qu'ils n'aient besoin de le remonter au service client.

Pour détecter ces drops VoLTE via notre vision d'opérateur, nous pouvons déjà s'intéresser à l'existant.

Il existe un KPI OSS qui indique le taux de coupure sur une plage de temps en VoLTE. Cet indicateur s'appelle :

### E-UTRAN\_E-RAB\_QCI1\_Drop\_Ratio\_RAN\_View

Le nom de ce KPI correspond :

- **E-UTRAN** : Relatif au réseau de la technologies 4G
- **E-RAB QCI1** : Le tunnel de données est désigné sous le QCI1, qui correspond à un service voix
- **Drop Ratio** : Ratio de coupures
- **Ran View** : vue du réseau d'accès radio

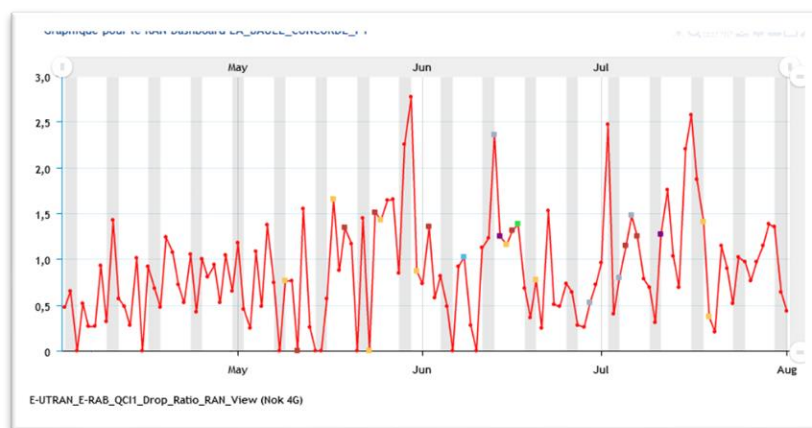


Figure 19 : Graphique du KPI du ratio de drop VoLTE d'une cellule

Nous l'avons vu précédemment, ces KPI OSS prennent leurs sources dans les compteurs liés au matériel. Nous pouvons obtenir dans la documentation, l'ensemble des compteurs impliqués dans cet indicateur ainsi que leur définition.

■ E-UTRAN_E-RAB_QCI1_Drop_Ratio_RAN_View (%)	■ M8006C273 : ERAB_REL_HO_PART_QCI1
■ M8006C266 : ERAB_REL_ENB_QCI1	■ M8006C267 : ERAB_REL_ENB_RNL_INA_QCI1
■ M8006C270 : ERAB_REL_ENB_RNL_RED_QCI1	■ M8006C342 : ERAB_REL_ENB_RNL_PREEM_QCI1
■ M8006C301 : ERAB_REL_TEMP_QCI1	■ M8006C316 : ERAB_REL_ENB_INI_S1_G_R_QCI1
■ M8006C318 : ERAB_REL_ENB_INI_S1_P_R_QCI1	■ M8006C320 : ERAB_REL_S1_OUTAGE_QCI1
■ M8006C89 : EPC_EPS_BEAR_REL_REQ_N_QCI1	■ M8006C98 : EPC_EPS_BEAR_REL_REQ_D_QCI1
■ M8006C107 : EPC_EPS_BEAR_REL_REQ_R_QCI1	■ M8006C116 : EPC_EPS_BEAR_REL_REQ_O_QCI1
■ M8006C278 : ERAB_REL_EPC_PATH_SWITCH_QCI1	■ M8006C304 : ERAB_REL_SUCC_HO_UTRAN_QCI1
■ M8006C307 : ERAB_REL_SUCC_HO_GERAN_QCI1	■ M8006C317 : ERAB_REL_MME_INI_S1_G_R_QCI1
■ M8006C319 : ERAB_REL_MME_INI_S1_P_R_QCI1	

Figure 20 : Compteur composant le KPI de ratio de drops VoLTE

Nous pouvons le remarquer, il y a un certain nombre de compteurs qui se rejoignent dans la formule pour définir ce KPI (cf. *Annexe X : Documentation des compteurs du KPI*).

Le premier travail a donc été de décortiquer et de comprendre chacun des 18 compteurs de ce KPI OSS en mettant en parallèle avec la documentation des équipements Nokia. A titre d'exemple nous pouvons en citer quelques-uns :

- **M8006C266** : compte le nombre de fois où un ERAB dédié en QCI1, donc pour des services voix, est relâché à l'initiative de l'eNodeB
- **M8006C273** : compte le nombre de fois où un ERAB dédié en QCI1, donc pour des services voix, est relâché à la suite d'un handover raté, partiel
- **M8006C316** : compte le nombre de fois où un ERAB dédié en QCI1, donc pour des services voix, est relâché après qu'un reset de la connexion sur le lien S1 a été initié par l'eNodeB

Nous pouvons le voir, ces indicateurs sont d'une grande précision mais ils ne font que compter des événements réseau et donc ne contiennent que peu d'informations. Dans le cadre de ce PFE, nous allons avoir besoin d'explorer davantage, notamment à l'aide des sondes.

Puisque ces sondes sont des équipements sur le réseau qui vont permettre de capter, analyser et déchiffrer les messages qui sont échangés. Cela nous permet d'avoir à notre disposition une multitude d'informations.

Néanmoins, en fonction du « point de référence », c'est-à-dire l'endroit où est positionnée la sonde sur le réseau, nous allons pouvoir accéder à des informations différentes des couches protocolaires.

Il y a donc ici plusieurs difficultés. Il est nécessaire de savoir où réaliser la capture sonde, quel point de référence sélectionner pour récolter les informations dont nous avons besoin. Une autre difficulté est que nous pouvons avoir besoin d'informations situées à différentes couches protocolaires et par conséquent potentiellement disponibles à des niveaux différents du réseau.

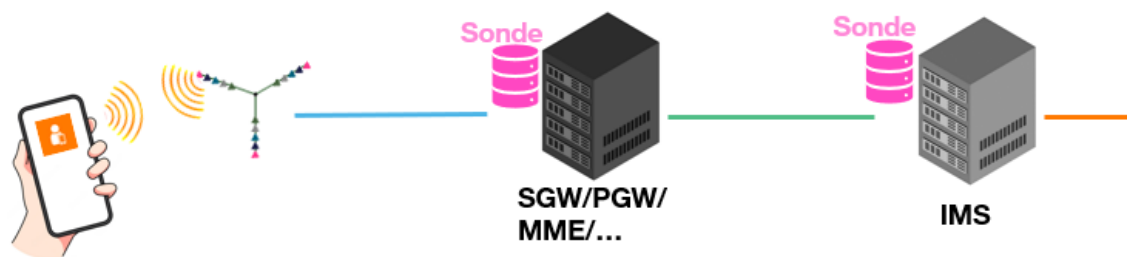


Figure 21 : Schéma des points de référence de la sonde

Il n'y a pas de point de capture ou « de point de références » directement sur le site mobile. Les points les plus proche du RAN se situent sur les SGW, PGW et MME tandis que les points au plus proche des équipements de l'infrastructure VoLTE se situent dans l'IMS (cf. Annexe XI : Points de références de la sonde Anritsu).



Choisir ce fameux point de référence est ici une véritable difficulté car les messages VoLTE ne seront pas les mêmes.

Le point de référence dans l'architecture IMS, nous donnera l'ensemble des messages VoLTE de façon exhaustive et avec toute la précision nécessaire. Notamment si celui-ci est placé au niveau du P-CSCF. Nous accéderons ainsi à toute la signalisation VoLTE contenue dans le protocole Diameter. Le problème ici est qu'il va nous être compliqué de récupérer un maximum d'informations concernant l'utilisateur. Nous le rappelons, l'objectif reste quand même d'avoir la traduction technique du ressenti de l'utilisateur.

C'est pour cela qu'en prenant un point de référence un peu plus proche du RAN, au niveau du MME nous pouvons toujours accéder à quelques données de signalisation VoLTE via le protocole S1AP mais cela nous offre des avantages supplémentaires. Par exemple, grâce à ce protocole S1AP, nous avons beaucoup plus d'informations concernant l'utilisateur en partie grâce au fait qu'il y a une seule connexion S1AP par terminal entre l'enodeB et le MME. Cependant le désavantage est que les messages VoLTE vont être plus compliqués à interpréter.

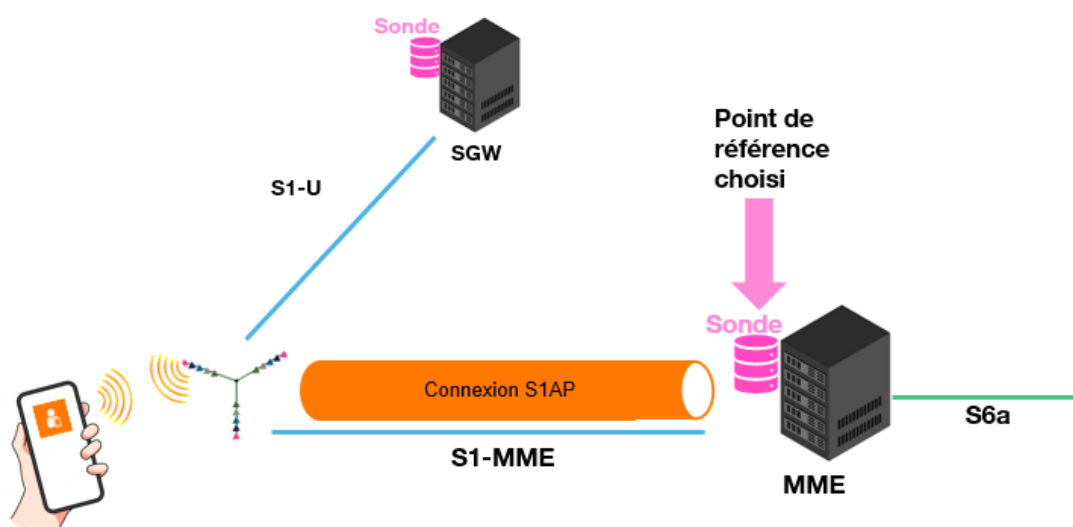


Figure 22 : Schéma de la localisation du point de référence choisi

Pour accéder à ce point de référence, il faut s'attarder sur la documentation de la sonde d'Anritsu. Sur Anritsu, il existe des « schémas » pour observer des liens et des protocoles en particulier.

Pour observer entre autres, le lien S1-MME et les messages S1-AP il existe un schéma Anritsu nommé « **eoLTE** ».

Celui-ci peut être utilisé par exemple pour analyser :

- Le management des ERAB
- Les modifications de contextes des UE et leurs « release ».
- Les handovers

Tout cela va nous être utile pour retrouver les messages VoLTE, mais surtout la cause de potentiels drops sur ce service.

# ANALYSE DES MESSAGES VOLTE : LES SONDES ANRITSU

Maintenant que le point de référence est choisi, au niveau du MME sur le lien S1-MME, il faut analyser les messages afin de vérifier que nous avons bien toutes les informations dont nous avons besoin et que celles-ci pourront nous être utiles pour la suite.

Pour cela il faut avoir quelques prérequis en connaissant les causes de release sur le réseau pour ainsi :

- Comprendre les releases qui induisent des drops des appels VoLTE du point de vue utilisateur
- Filtrer sur les drops qui nous intéressent

Pour cela, 3GPP, qui regroupe les organismes de normalisation, produit et publie la documentation technique des réseaux mobile. Nous retrouvons ces causes de release dans la documentation du protocole S1AP<sup>4</sup>.

Dans ces causes de release nous remarquons 2 causes en particulier qui peuvent être corrélées à des drops et dégrader l'expérience utilisateur.

Identifiant	Message de cause	Description
21	Radio Connection with UE Lost	Libère le canal radio pour donner suite à une perte de connexion avec l'UE
26	Failure in the Radio Interface Procedure	Une erreur s'est produite sur l'interface radio.

Tableau 4 : Identifiants et descriptions des causes de release ciblées

C'est donc sur ces 2 causes qu'il faudra effectuer les requêtes sur l'interface de la sonde car ce sont celles-ci qui, en particulier, peuvent être nocives pour l'expérience utilisateur.

4

[https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/136400\\_136499/136413/09.09.00\\_60/ts\\_136413v090900p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136400_136499/136413/09.09.00_60/ts_136413v090900p.pdf)

Puisqu'en effet, pour effectuer les requêtes sur la sonde d'Anritsu il existe une interface homme machine (IHM), se présentant sous la forme suivante :

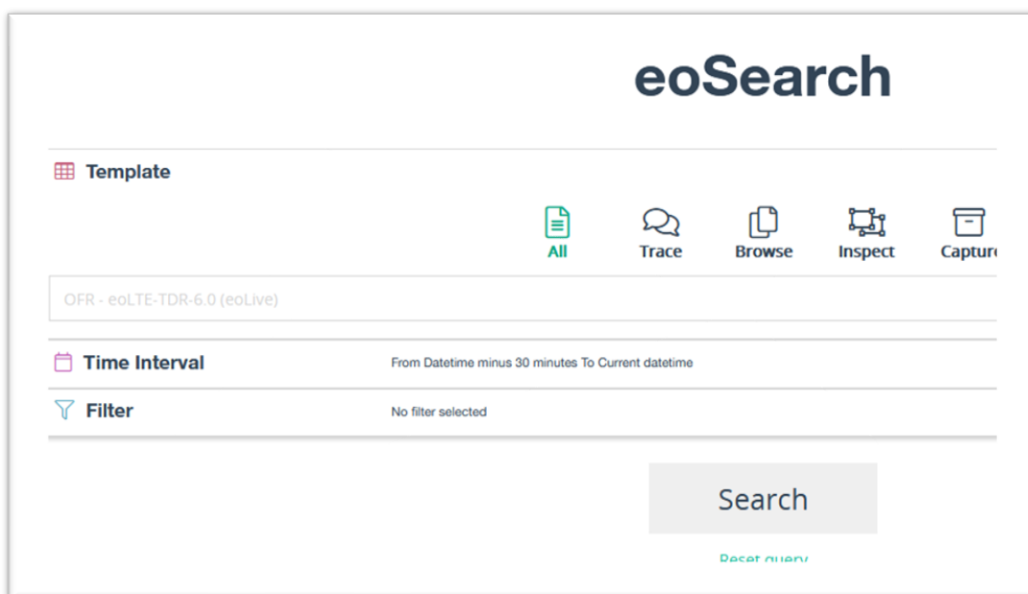


Figure 23 : Interface Anritsu de la sonde

Cette interface comporte trois principaux onglets :

⇒ Le premier concerne le choix de la template. Cette template correspond à la sélection du schéma, c'est-à-dire le point de référence et les protocoles à observer, ainsi que la disposition du layout. Ce layout est la disposition et l'affichage des champs.

Il est possible de créer nos propres templates en sélectionnant un schéma puis en définissant notre propre layout, cependant pour le moment nous utiliserons une template déjà définie par le constructeur, la template « **OFR – eoLTE-TDR-6.0** ».

⇒ Le second concerne l'intervalle de temps sur lequel effectuer la capture ainsi que la limite du nombre de messages à afficher pour accélérer le traitement et l'affichage des données.

⇒ Le troisième champ, celui qui nous intéresse tout particulièrement concerne les filtres. C'est-à-dire les éléments que nous allons mettre dans la requête pour effectuer la recherche.

Dans notre cas, nous ferons donc une requête pour :

- Filtrer sur une zone géographique précise
- Vérifier que le message concerne un message VoLTE
- Sélectionner les messages corrélés à des drops

Afin d'atteindre ces objectifs de requête, il faut décomposer les champs à notre disposition sur la sonde grâce à la documentation technique d'Anritsu concernant ce schéma eLTE.

Ils sont divisés en 2 parties, il existe :

- Les champs communs, qui sont conçus par Anritsu. Ils contiennent des informations communes à plusieurs liens réseau, ou alors ils sont « enrichis ». C'est-à-dire une agrégation de plusieurs autres champs par ordre de priorité pour faciliter la lisibilité. Pour aller plus loin, comme nous le verrons dans la suite, certains champs communs sont des interprétations pour Orange des valeurs d'autres champs communs pour simplifier les requêtes. Ils sont signalés sous la forme : « **Common – nom\_du\_champ** »
- Les champs concernant des données circulant sur des liens en particulier sur le réseau. Ils sont signalés sous la forme : « **Nom\_du\_lien – nom\_du\_champ** »

Pour chaque objectif, c'est à dire la sélection de la zone géographique, du service VoLTE et des messages de drop, il va falloir trouver les champs et les valeurs qui y sont associés.

Pour la sélection de la zone géographique, nous choisirons de façon arbitraire de travailler dans un premier temps sur la zone du département de la Manche, avant de généraliser sur l'ensemble des zones.

Dans ce but, il faut d'abord décomposer le problème en débutant par sélectionner les enodeB qui composent ce département. Pour faire une requête sur les enodeB, un champ se nomme « **Common – E-UTRAN Cell** ».

Celui-ci est composé de plusieurs valeurs :

- Le PLMN (Public Land Mobile Network), lui-même composé du MCC (Mobile Country Code) et du MNC (Mobile Network Code). Dans le cas de la France, le MCC a pour valeur l'identifiant 208. Dans le cas d'Orange, le MNC a pour valeur l'identifiant 01. Notre PLMN sera toujours identique et sera donc identifié par l'identifiant 20801.
- L'ECI (E-UTRAN Cell Identifier), lui-même composé de l'enodeB-ID et du cell id. C'est-à-dire qu'il agrège les valeurs d'un identifiant pour la station de base et d'un identifiant pour la cellule en elle-même.

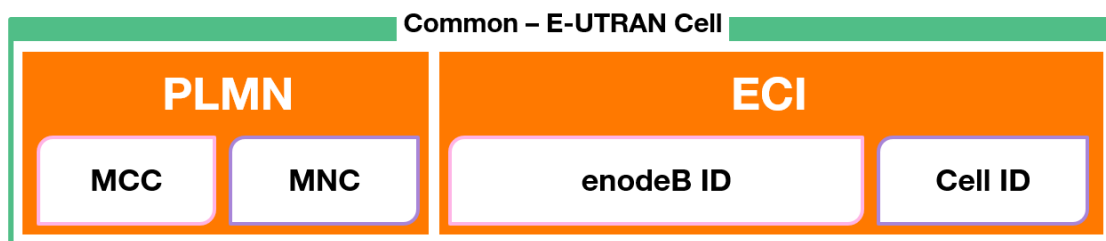


Figure 24 : Description du contenu du champ "Common - E-UTRAN Cell"

Cependant, avoir un identifiant de la sorte n'est pas le plus pratique. Pour pallier cela, il existe un autre champ Commun qui traduit cet identifiant avec le nom du site. Ce champ se nomme « **Common – E-UTRAN Cell Name** ».

Nous pouvons maintenant filtrer sur les cellules de notre département de la Manche, en ajoutant une à une les cellules du réseau situé dans le département. Cependant, même si nous pouvons ajouter une liste, cela reste fastidieux.

C'est pour cette raison que nous pouvons plutôt utiliser un autre champ nommé « **Common – E-UTRAN Cell Group** ». Celui-ci est une interprétation des données d'Orange et correspond à des groupes de cellules prédéfinies.

Nous pouvons alors ajouter les 2 groupes qui constituent le département de la Manche, sur lequel nous travaillons :

- CHERBOURG
- AUTRES50

Avec ces 2 groupes de cellules, la requête va filtrer sur les terminaux avec une connexion établie, active ou inactive sur l'ensemble du département 50. Cependant il existe une subtilité. Le terminal peut-être en mouvement et dans un contexte de handover.

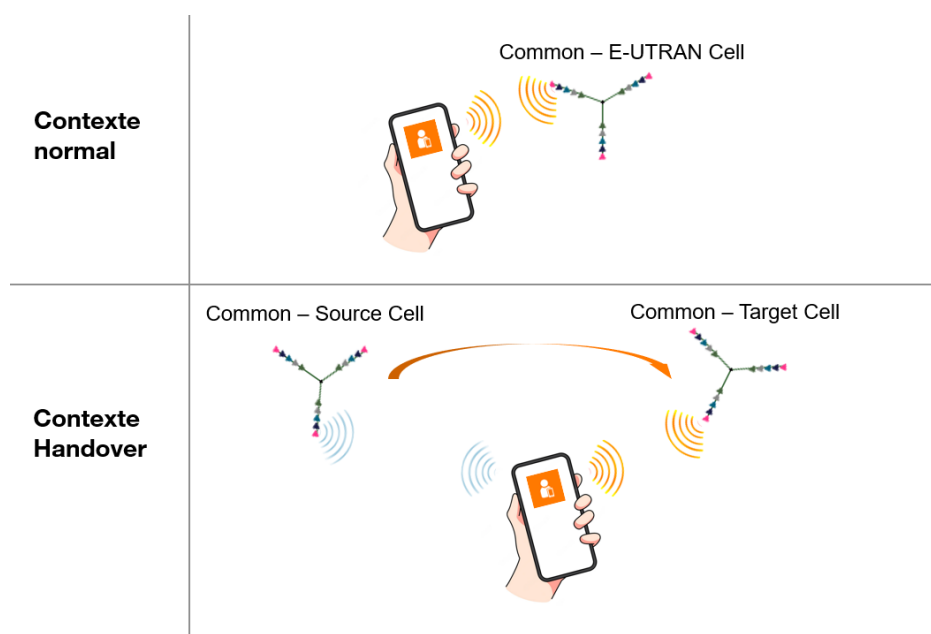


Figure 25 : Champs de la sonde en fonction des contextes de release

Car en effet, des problématiques de coupure d'appels VoLTE peuvent aussi apparaître dans ce cas de mobilité. Dans ce cas, il faut utiliser, de la même façon, deux autres champs :

- Common – Source Cell
- Common – Target Cell

Nous savons maintenant comment effectuer une requête sur la zone géographique qui nous intéresse. Nous pourrions, par la suite, le généraliser à l'ensemble du grand ouest. L'avantage est aussi que pour chaque réponse à cette requête la sonde va nous renvoyer des informations utiles sur les sites, comme sa latitude, sa longitude ou encore sa puissance d'émission.

Ensuite, il nous faut effectuer une requête sur les messages VoLTE. Pour cela nous avons vu que des circuits logiques, des bearers, sont mis en place. Ces bearers portent un identifiant de classe de qualité de service, le QCI.

C'est grâce à ces bearers et leurs identifiants QCI que nous allons pouvoir connaître le contenu des informations en transit et par conséquent filtrer sur ce qui nous intéresse, dans notre cas le service VoLTE.

Dans le premier cas, nous avons vu que le bearer pour des communications VoLTE portait le QCI 1. Nous pouvons alors simplement utiliser le champ commun « **Common – Data Record Type** » afin de vérifier que sa valeur est bien « **S1 – Mobile VoLTE Call** ».

Pour la suite, il est nécessaire de comprendre comment fonctionne ce champ commun en particulier. Il va en fait, réaliser plusieurs actions :

- Regarder si le champ « **S1 – Activate Dedicated EPS Bearer Context Accept** » est bien égal à 1 pour vérifier que la demande d'un bearer dédié a bien été demandé
- Regarder si le champ « **S1 - QoS Class Identifier for Dedicated Bearer** » est bien égal à 1 pour un QCI équivalent à 1
- Vérifier que le champs « **Common – Success** » est bien à « True » afin de vérifier que les transmissions aient bien fonctionné

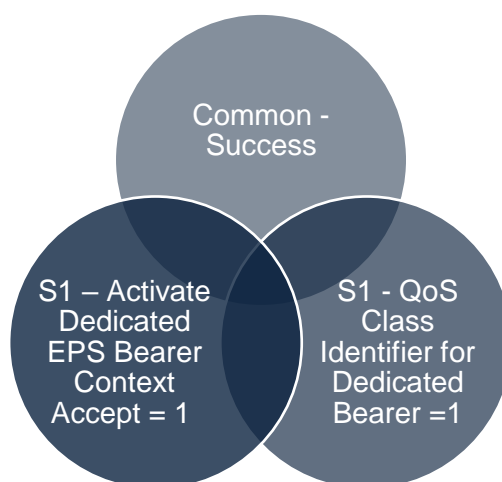


Figure 26 : Schéma des champs nécessaires à "Common - Data Record Type"

Nous avons maintenant une requête avec, pour une zone géographique donnée l'ensemble des appels VoLTE.

La dernière partie de la requête est plus complexe, il faut maintenant identifier les drops de ces appels VoLTE. En effet, identifier des trames sur les sondes dans leur fonctionnement anormal soulève quelques difficultés.

Au vu des recherches précédentes, nous pouvons émettre l'hypothèse que le champ « **Common – Success** » va pouvoir permettre de trouver des drops de communications VoLTE. En effet, il est possible que si la valeur de ce champ est « False », cela soit le signe d'un drop.

Pendant, lorsque nous nous attardons sur la documentation Anritsu, nous nous apercevons que « **Common – Success** » ne nous servira pas.

Tout d'abord, la couverture fonctionnelle est trop large. Plus d'une cinquantaine de paramètres peuvent venir modifier cette valeur de True à False et inversement, en fonction d'un ordre de priorité. La corrélation avec un drop VoLTE est alors faible.

De plus, nous nous rendons compte que lors d'un drop d'une communication VoLTE, la probabilité que le champ « **Common – Success** » prenne la valeur « True » est forte. En effet, la transmission du message identifiant le drop a été correctement reçu.

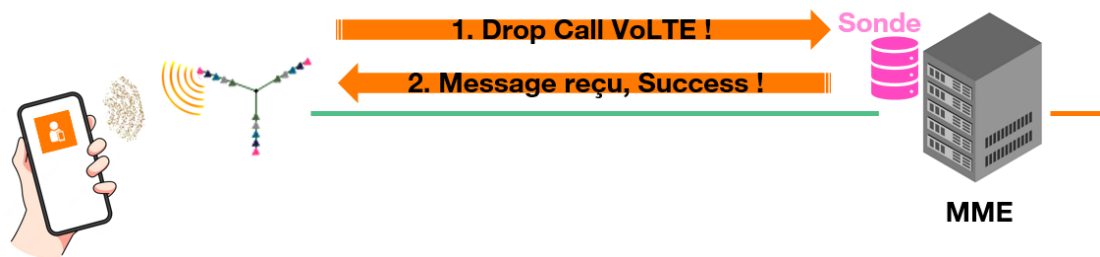


Figure 27 : Schéma explicatif du "succès" des messages de drop

Il n'y a donc aucune corrélation entre un drop d'une communication VoLTE et ce champ « **Common – Success** ». Nous ne l'utiliserons pas dans la construction de la future requête sur la sonde.

Nous pouvons alors s'intéresser au champ « **Common - Dropped VoLTE Calls** » qui peut, de prime abord sembler plus juste. La documentation décrit précisément le fonctionnement et le rôle de ce champ au travers d'un algorithme que nous pouvons voir ci-dessous.

```
IF (  
  (SUCCESS = True OR S1_INIT_CTXT_SETUP_SUCC = True)  
  AND  
  [S1AP].ACTIVE_QCIS: GBR_QCI_1=1(0th bit)  
  AND  
  (S1_UE_CONTEXT_RELEASE_REQUEST_CAUSE is DropError  
   OR  
   (S1_UE_CONTEXT_RELEASE_REQUEST_CAUSE is EMPTY  
    AND  
    S1_UE_CONTEXT_RELEASE_COMMAND_CAUSE is DropError))  
)  
THEN COMMON - Dropped VoLTE Calls 1  
ELSE 0
```

Figure 28 : Extrait de la documentation descriptive du champ "Common - Dropped VoLTE Calls"

Nous pouvons voir ici que dans le cadre bleu le champ vérifie en premier lieu qu'il s'agit d'une connectivité VoLTE. Puis dans le cadre vert, il vérifie l'ensemble des possibilités de drops VoLTE au niveau réseau.

Il utilise les data de contextes du lien S1 que nous utiliserons aussi dans la suite de ce rapport. Il va vérifier deux situations :

- Soit la demande de release du bearer à pour valeur DropError
- Soit cette même demande de release est vide et en même temps, la raison de la commande de release fait référence à un DropError

Ce champ va alors bien prendre en compte l'ensemble des drops possibles sur la VoLTE et ce, de la même façon que les KPI OSS, obtenu à partir de nombreux compteurs.

Cependant, dans le cadre de ce projet, nous nous intéressons particulièrement à mettre en valeur le ressenti utilisateurs. Certains de ces drops, n'entraînent pas de coupure franche de l'appel VoLTE et peuvent entraîner simplement un retour sur la voix sur 3G via le process du CSFB (**CS Fallback**). Nous pouvons citer par exemple : « Unknown Target ID », « Resource Optimisation Handover » ou encore « Reduce Load in Serving Cell ».

Au moyen de ces contextes et au moyen de ces causes décrites dans la documentation, nous allons effectuer la requête, sur les causes de release qui nous intéressent particulièrement.



Comme nous l'avons vu au début de cette partie, nous allons principalement cibler deux causes de release. Ces dernières peuvent générer des drops sur les calls VoLTE et détériorer fortement la qualité d'expérience sur le réseau.

Pour rappel, nous allons cibler :

- Cause #21 - Radio Connection with UE Lost
- Cause #26 - Failure in the Radio Interface Procedure

Le protocole S1AP met en place des procédures élémentaires (EP, elementary Procedures) pour chaque évènement. Chaque évènement va être déclenché par une cause. Les causes que nous recherchons, identifiées par le numéro 21 et 26, comme expliqué ci-dessus, sont documentés et n'apparaissent que dans le cadre de certaines procédures.

Nous pouvons le voir à la fois dans les procédures d'E-RAB Management et dans les procédures de Context Management. Précisément nous allons pouvoir les retrouver dans ces 5 cas possibles :


<b>Elementary Procedure</b>	<b>Type de procédure</b>	<b>Classe</b>
<b>UE Context Release Request</b>	Context Management	Class 1
<b>UE Context Release</b>	Context Management	Class 1
<b>E-Rab Setup</b>	Context Management	Class 1
<b>E-Rab Response</b>	E-Rab Management	Class 1
<b>E-Rab Release Command</b>	E-Rab Management	Class 1

*Tableau 5 : Liste des elementary procedure ciblées*

Une Elementary Procedure consiste en un message d'initialisation mais il y a ensuite deux classes de ces procédures. Ici, nous pouvons dire que ce sont des Elementary Procedure de classe 1 car nous recevons un message de réponse, que ce soit pour indiquer un succès ou un échec.

Dans notre cas nous allons nous intéresser aux messages d'échec de ces procédures pour vérifier si nous retrouvons les causes de release, et donc de drop, que nous souhaitons cibler.

Via la documentation d'Anritsu, nous retrouvons les champs des procédures du protocole S1AP sur lequel nous allons pouvoir effectuer notre recherche. Il existe donc 5 champs, commençant par S1 et terminant par « Cause » pour retrouver la dénomination :



```
S1 - UE Context Release Request Cause
S1 - UE Context Release Cause
S1 - E-Rab Setup Response Cause
S1 - E-Rab Modify Response Cause
S1 - E-Rab Release Command Cause
```

Figure 29 : Champs interface Anritsu correspondant aux Elementary Procedure

Si nous résumons, nous avons maintenant la possibilité de filtrer sur :

- Les messages réseau d'une zone géographique souhaitée
- Les appels VoLTE
- Les causes de drops que nous souhaitons cibler

Il existe cependant des difficultés supplémentaires à cause de cas particuliers. Par exemple ; lorsque le drop a lieu lors d'une phase de mobilité, pendant un Handover, ou lorsque le drop surgit au début de l'établissement de l'appel VoLTE.

Pour ces 2 cas particuliers, il existe une même solution pour les inclure dans notre requête et ainsi l'alléger au maximum. En effet, le dénominateur commun de ces 2 cas particuliers est l'établissement d'un bearer QCI1 pour établir la communication VoLTE. A la place du filtre sur les appels VoLTE uniquement, nous devons en plus filtrer sur cette procédure.

Dans la documentation Anritsu, il est possible de filtrer sur cette signalisation via le champs commun « **Common – Data Record Type** » en indiquant « **S1 -Path Switch Request** » au lieu de « **S1 – Mobile VoLTE Call** ».

Cependant, il nous faudra spécifier ce Path Switch Request, pour bien préciser que nous souhaitons rechercher cette procédure dans le cadre de l'établissement d'un appel VoLTE. Pour cela, il suffit de regarder le QCI des bearers de la procédure.

En effet, dans la requête, le bearer par défaut doit avoir un QCI de 5 et le bearer dédié doit avoir le QCI 1. Nous utiliserons les deux champs dédiés de la sonde :

- « **S1 - QoS Class Identifier for Default Bearer** »
- « **S1 - QoS Class Identifier for Dedicated Bearer** »

Nous avons maintenant tous les éléments en main pour construire notre première requête sur la sonde. Nous allons en construire une première, sans prendre en compte les cas particuliers dans un premier temps, en la décortiquant et en analysant les résultats.

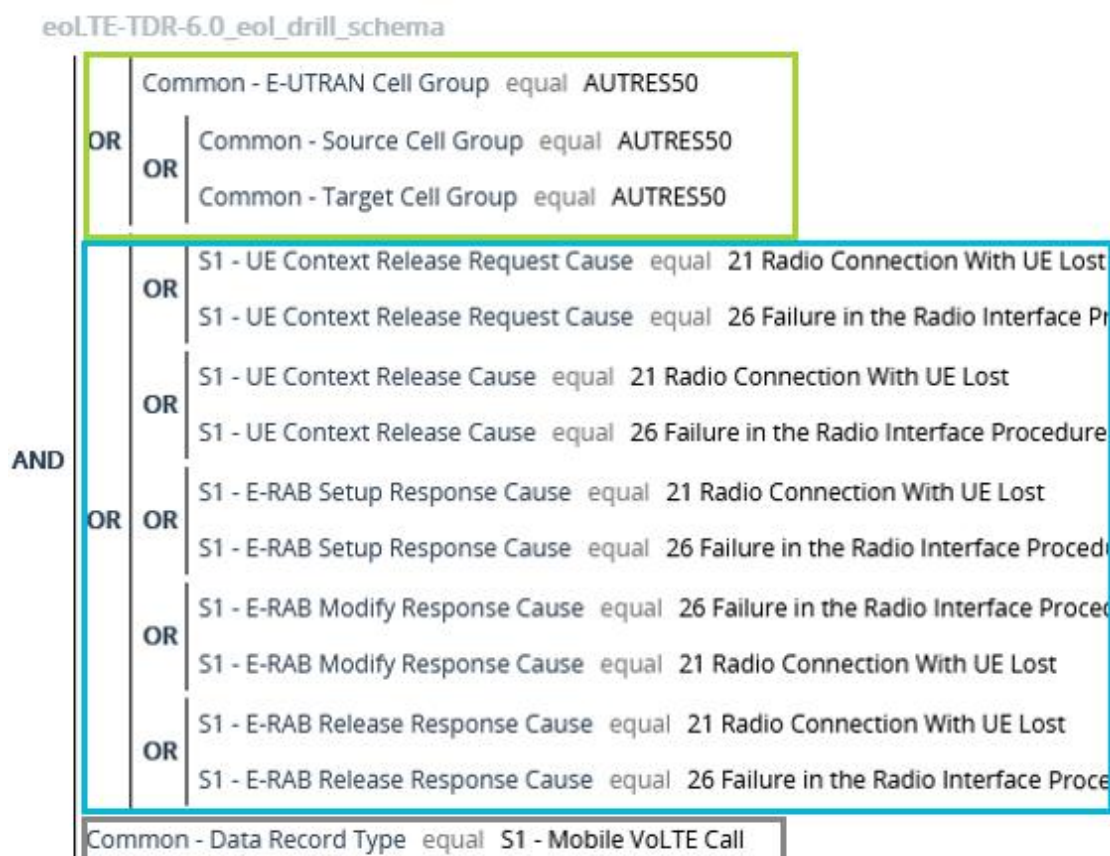


Figure 30 : Requête sonde sur l'interface Anritsu

Nous pouvons décomposer cette requête en 3 grandes parties, séparées ci-dessus dans 3 rectangles de couleurs différentes. Ces 3 parties doivent être vérifiées pour que le message apparaisse dans le résultat de la requête. Nous utiliserons les champs conformément.

La première partie, en vert, concerne la recherche de la zone géographique. Nous y vérifions à la fois que le terminal est en communication avec un site de la plaque AUTRES50 ou alors que le terminal se trouve dans une procédure de handover entre des cellules de cette même plaque géographique.

La seconde partie, en bleu, concerne la recherche des causes avec l'identifiant 21 et 26 sur chaque elementary procedure ciblée.

La troisième partie, en gris, concerne la recherche des appels VoLTE. C'est aussi ici qu'il faudra, par la suite, ajouter les cas particuliers en recherchant les Path Switch Request avec les bearers.

Après avoir lancé cette requête nous obtenons un nombre important de résultats. Pour vérifier et avoir plus de détails sur nos résultats nous pouvons ajuster le layout. Ce dernier correspond aux attributs, soit les colonnes, de la réponse de notre requête.

Start Time	End Time	Common - Data Record Type	Common - IMSI	APN/DNN	MSISDN	IMEI/TAC	Common - Device Model	Common - Source IP	Common - Destination IP	Common - Location
2022-07-31 23:18:06.171	2022-08-01 00:07:14.206	S1 - Mobile VoLTE Call	208014500278970	orange.mnc01.mcc208.gprs	33870808208	3531945623854101	GALAXY A51 (SM-A515F-D5)	10.72.246.231	10.15.187.183	EQUEURDEVILLE_
2022-08-01 00:22:28.641	2022-08-01 00:24:01.701	S1 - Mobile VoLTE Call	208012703286668	###	33772283465	3561221665345417	IPHONE 12	10.15.187.183	10.72.246.200	BRICQUEBEC_ENB
2022-08-01 00:29:40.733	2022-08-01 00:31:29.172	S1 - Mobile VoLTE Call	208015404699794	###	33681313544	3564781000648919	IPHONE SE	10.15.187.187	10.72.246.200	BRICQUEBEC_ENB
2022-08-01 00:33:50.939	2022-08-01 00:33:55.364	S1 - Mobile VoLTE Call	208014003987505	###	33687923877	3505179280521901	GALAXY S21 5G (SM-G991B)	10.72.246.200	10.15.187.192	BRICQUEBEC_ENB
2022-08-01 00:37:47.703	2022-08-01 00:39:05.400	S1 - Mobile VoLTE Call	208017401441460	###	33609084316	3568251143806035	IPHONE XR	10.15.187.183	10.72.247.106	UTAH_BEACH_ENB
2022-08-01 00:38:30.787	2022-08-01 00:39:09.636	S1 - Mobile VoLTE Call	208018500081001	###	33670066654	3561651100750201	IPHONE 12 (RM2021)	10.72.246.187	10.15.187.183	ACMAEIV_TRE_EN

Figure 31 : Extrait des résultats de la sonde via l'interface Anritsu

Nous allons donc ajouter au layout l'ensemble des champs des elementary procedure pour avoir plus de détails de nos messages échangés.

The screenshot shows a configuration window for a data record type 'S1 - UE Context Release Request Cause'. On the left, a list of fields is shown with checkboxes, including 'Voice - CS Fallback Indicator', 'Common - E-UTRAN Cell Name', 'Common - Source Cell Name', 'Common - Target Cell Name', 'Common - Subscriber Operator Name', 'S1 - UE Context Release Cause', 'S1 - UE Context Release Request Cause', 'S1 - E-RAB Setup Response Cause', 'S1 - E-RAB Modify Response Cause', and 'S1 - E-RAB Release Command Cause'. On the right, a list of selected fields is shown, including '21 Radio Connection With UE Lost' and '26 Failure in the Radio Interface Procedure'. A blue arrow points from the selected field in the left list to its position in the right list.

Figure 32 : Modification du layout avec l'ajout de champs dans les résultats de la requête

Nous obtenons donc bien l'ensemble de nos drops VoLTE sur la plaque AUTRES50, avec les causes de ces drops, les cellules, ainsi que l'ensemble des informations relatives aux clients (cf. Annexe XII – Extrait des résultats complet). A la suite de cette requête, si nous réalisons une extraction uniquement sur les données qui nous intéressent et que nous les agrégeons par secteurs, nous pouvons voir les résultats ci-dessous :

Secteurs	Nombre de drop	Longitude site	Latitude site	Azimut site
QUETTEHOU_NEW_S2	60	-1.30242500000000000000	49.601322222222222222	135
BRICQUEBEC_S2	48	-1.653722222222222222	49.490044444444444444	150
FLAMANVILLE_CAP_S1	36	-1.881363888888888888	49.533049999999999999	30
LA_HAGUE_S1	27	-1.880433333333333333	49.679533333333333333	40
GRANVILLE_NICOLAS_S2	26	-1.562186111111111111	48.834491666666666666	100
GRANVILLE_S1	24	-1.576772222222222221	48.840636111111111110	20
GRANVILLE_S3	22	-1.576772222222222221	48.840636111111111110	260
ANNEVILLE_EN_SAIRE_S1	21	-1.283844444444444444	49.647697222222222221	30

Figure 33 : Analyse des résultats sous Excel

Premièrement, même si les valeurs ne sont logiquement pas les mêmes que sur les KPI OSS, la cohérence est respectée dans la mesure où des sites impactant comme « QUETTEHOU\_NEW », sont aussi détectés ici.

Ensuite, nous pouvons voir que certains secteurs sont très impactant, comme c'est le cas pour le secteur 2 de « QUETTEHOU\_NEW ». Alors que pour d'autres c'est le site complet qui est impactant comme pour « GRANVILLE », où nous retrouvons le secteur 2 et 3 dans les secteurs générant le plus de drops. Grâce aux autres colonnes, nous avons toutes les données pour les situer.

## ANALYSE DES MESSAGES VOLTE : LE BIG DATA

Nous nous heurtons malheureusement à plusieurs problématiques dont une majeure, le délai de traitement. En effet, la requête précédente, simplifiée, et uniquement sur la plaque AUTRES50 a un délai de traitement de plus de 2 heures et 30 minutes. Il y a donc un réel souci de performance. Sans parler qu'utiliser cette interface est assez archaïque puisqu'ajouter des conditions se fait par bloc. Cette méthode est assez ludique lorsque les requêtes sont simples, mais pratiquement inutilisable lorsque celles-ci se complexifient. D'où la nécessité de faire des requêtes directement sur la base Hadoop, source d'Anritsu.

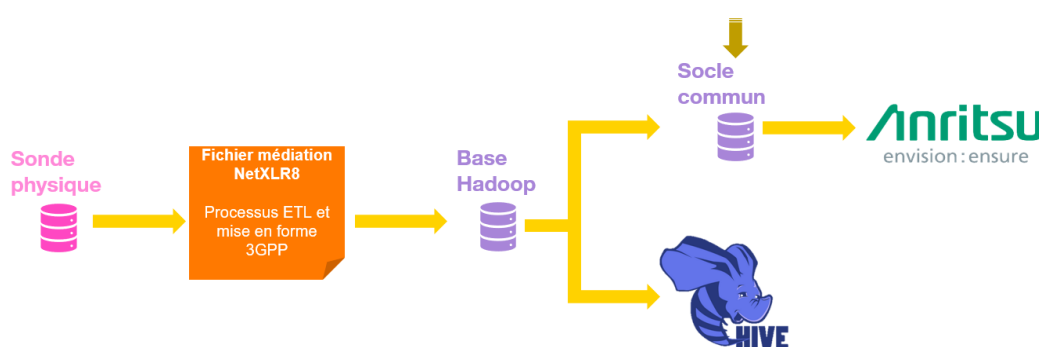


Figure 34 : Schéma des différences entre l'interface Anritsu et le big data via Hive

En effet, sur le schéma ci-dessus, nous voyons que les données sont récupérées par des équipements physiques et stockées. C'est ce qui est appelé le « datawarehouse ». Ensuite, via la médiation, le processus ETL est organisé. C'est le process qui vise à extraire, transformer et charger les données (Extract-Transform-Load) afin de les mettre en forme : ici selon les normes 3GPP. Ces données seront ensuite stockées dans la base Hadoop.

C'est ici que se trouve la différence avec Anritsu. La solution d'Anritsu requête sur un socle commun de données, alimenté à la fois par la base Hadoop, mais enrichi et consolidé via d'autres bases. C'est de là que proviennent les pertes de performance. Nous utiliserons donc dans la suite, une nouvelle solution via Hive.

Hive est une infrastructure d'entrepôt, fonctionnant avec Hadoop et permettant de faire des requêtes SQL. Pour l'utiliser, nous utiliserons l'interface web Hue. L'ensemble de cette infrastructure ainsi que les processus ETL sont déjà mis en place par le service DREAM d'Orange France. Il faut maintenant construire cette requête.

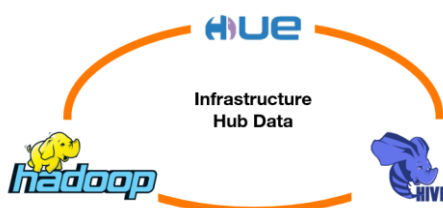


Figure 35 : Applications de l'environnement Hub Data

Pour construire notre requête pour le hub data, nous allons nous appuyer et reprendre le travail de documentation effectuée pour l'interface d'Anritsu. Le procédé va être similaire à quelques instructions près. La différence majeure se situe sur l'interface car si Anritsu possède une IHM ludique, le langage pour effectuer ces requêtes est HiveQL, un dérivé du langage SQL.

```
SET hive.vectorized.execution.enabled = false ;
SET hive.vectorized.execution.reduce.enabled = false ;
SELECT      current_cell.eid,
            current_cell.cid,
            count(imsi) AS NB_DROP

FROM
`z_app_bdf_hive_socle_mediation_ran_ofr`.`fai_mediation_ran_ofr_slc`

WHERE
    date_part = '2022-08-01'
    AND
        current_cell.tac in (12385,12352,12449,12354...)
    AND
        erabs[0].qci = '1'
    AND
        ((slap_cause[0].cause = '21' OR
        slap_cause[1].cause = '21' OR
        slap_cause[2].cause = '21' OR
        slap_cause[3].cause = '21' OR
        slap_cause[4].cause = '21')
        OR
        (slap_cause[0].cause = '26' OR
        slap_cause[1].cause = '26' OR
        slap_cause[2].cause = '26' OR
        slap_cause[3].cause = '26' OR
        slap_cause[4].cause = '26'))

GROUP BY
    current_cell.eid, current_cell.cid
```

Figure 36 : Requête HiveQL détections des messages de drop VoLTE

Nous allons décortiquer rapidement cette requête qui est une traduction presque littérale de la requêtes d'Anritsu.

Les mots-clés SET, servent ici à accélérer la requête en désactivant l'exécution vectorisée. Nous les appelons aussi les « flags ».

Le mot-clé SELECT sert ici à sélectionner les données de sortie : l'identifiant du site, l'identifiant relatif de la cellule, ainsi que la somme des IMSI auxquels nous affecterons l'alias « NB\_DROP ». Cette somme nous permettra de compter le nombre de drop.

Le mot-clé FROM nous sert à sélectionner la base de données et la table sur laquelle la requête sera effectuée. Ici nous utiliserons la table « **fai\_mediation\_ran\_ofr\_slc** » de la base « **z\_app\_bdf\_hive\_socle\_mediation\_ran\_ofr** ». Cette table correspond aux messages réseau sur le lien S1.

Le mot-clé WHERE correspond au filtre. Ici, nous commençons par choisir les données du 1<sup>er</sup> Aout 2022. Ensuite nous choisissons l'ensemble des cellules ayant une Tracking Area Code (TAC) de la zone géographique de la plaque AUTRES50, que nous avons récupéré manuellement.

Nous choisissons ensuite les erab avec un QCI de 1. Enfin, nous nous intéressons aux causes de release du protocole S1AP, comme précédemment sur l'interface d'Anritsu. Ce champ « **s1ap\_cause** » est de type structure. C'est-à-dire qu'il contient 1 ou plusieurs éléments avec toujours une structure commune. Chaque élément, va avoir 2 attributs, « **s1apmessage** » et « **cause** ».

Nous retrouvons dans les 5 premiers éléments, lorsqu'ils sont renseignés, les messages que nous recherchions aussi précédemment sur la requête Anritsu :

```
[{"s1apmessage": "UE_Context_Release_Request", "cause": "??"},
{"s1apmessage": "UE_Context_Release", "cause": "??"},
{"s1apmessage": "E_RAB_Setup_Response", "cause": "??"},
{"s1apmessage": "E_RAB_Modify_Response", "cause": "??"},
{"s1apmessage": "E_RAB_Release_Response", "cause": "??"}]
```

Figure 37 : Structure des Elementary Procedures

Nous recherchons alors sur les 5 premiers éléments l'identifiant dans le champ cause, numéro 21 ou 26.

Avec le mot-clé GROUP BY, les résultats sont regroupés par cellules afin de pouvoir obtenir des résultats cohérents.

current_cell.eid	current_cell.cid	nb_drop	
57007	2	51	
58532	5	44	
60396	5	40	
57887	2	37	
60400	5	36	
56698	1	34	
58532	8	29	
60400	4	28	
60393	11	26	
57907	3	23	
60397	5	23	

Figure 38 : Extrait des résultats du nombre de messages de drop VoLTE agrégés par cellules

Dans cet extrait de résultat du big data, nous remarquons que sur la journée du 1<sup>er</sup> Aout 2022, la cellule numéro 2 du site numéro 57007 a subi 51 drops d'utilisateurs.

En ce qui concerne les performances, nous en obtenons des bien supérieures, notamment au niveau du temps de traitement, avec cette requête sur le big data.

En effet, alors que requête sur Anritsu prenait plus de 2h30, cette requête sur le big data, pour un résultat similaire en termes de contenu brut, a été réalisée en 1m40. Nous pouvons donc espérer généraliser à l'ensemble du périmètre du grand ouest avec des performances équivalentes.

# LOCALISATION DES MESSAGES DE COUPURES VOLTE

## LOCALISATION DES TERMINAUX UTILISATEUR

L'objectif de ce PFE est de remonter le plus précisément possible et le plus efficacement des problématiques de ressenti client. C'est dans ce cadre qu'idéalement il serait intéressant de pouvoir localiser ces abonnés lorsqu'ils rencontrent ces problèmes.

Néanmoins, la localisation est sans aucun doute la partie la plus complexe. Nous pouvons imaginer plusieurs possibilités qui nous permettraient de déterminer la position des utilisateurs de façon plus ou moins précise.

La première piste serait la technique de la triangulation.

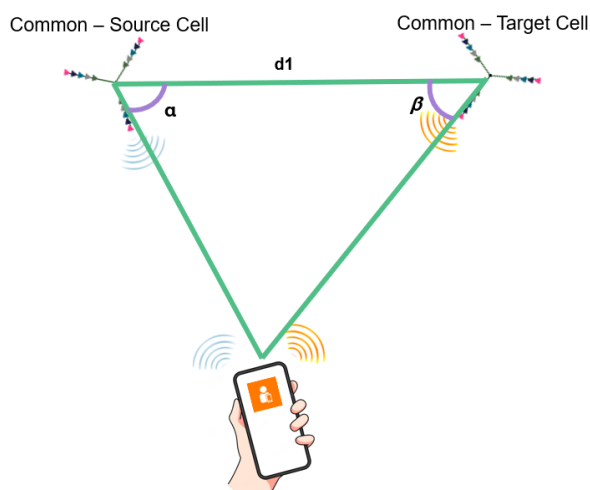


Figure 39 : Détermination de la localisation d'un terminal via triangulation

Nous avons connaissance de la position des cellules, et donc de leur distance  $d_1$  entre elles. Nous avons connaissance aussi de l'azimut des cellules et donc, par déduction de leurs angles  $\alpha$  et  $\beta$ . Nous avons donc toutes les informations nécessaires pour calculer la distance ainsi que la position de l'utilisateur.

Cependant, il y a plusieurs freins. Le premier étant que dans un contexte de mobilité, n'ayant pas la vitesse, nous ne pouvons pas déduire, ou difficilement la position exacte. Ensuite c'est un processus très lourd nécessitant de connaître les informations de cellules « source » et « target » qui ne sont pas dans chaque message VoLTE.

Nous pouvons imaginer une seconde piste, qui serait, quant à elle légèrement moins précise. Les terminaux envoient aux cellules leur niveau de champs. Nous pourrions en déduire la distance du terminal à la cellule. Cependant, les sondes étant placées plus haut dans le réseau, nous n'avons pas accès à cette information.

Enfin, la dernière méthode serait d'utiliser « les agents embarqués » qui remontent ce type d'informations. Cependant, je n'ai pas accès à la manipulation de ces agents pour des raisons de confidentialité.



## LOCALISATION DES DETECTIONS D'INCIDENTS

Nous ne pouvons donc pas localiser les utilisateurs précisément, soit parce qu'il est techniquement impossible d'avoir accès à des informations, soit parce que la théorie n'est pas réalisable à grande échelle dans notre cas. Nous devons alors trouver un moyen pour remonter le plus efficacement possible la localisation de ce mauvais ressenti client.

Pour cela, nous pouvons utiliser la localisation au secteur près, en utilisant l'azimut pour déterminer la direction dans laquelle se situe la zone où se trouvent les clients subissant des drops. Dans ce cadre, il sera nécessaire de recourir à une nouvelle table, qui contiendra, l'ensemble des données des cellules. Nous utiliserons donc la table « `ref_cellule` » de la base « `z_app_hdu_hive_socle_reseau_mobile_topologie` ».

La structure de cette table contient un nombre important d'attributs. Nous allons nous intéresser particulièrement à certains d'entre eux. :

- « `eci_4g` », correspondant à : l'E-UTRAN Cell Identifier (ECI)
- « `nom_site` », correspondant au nom du site
- « `secteur_site` », correspondant au numéro du secteur du site
- « `azimuth` », correspondant à la direction dans laquelle est orienté le secteur
- « `coord_x_site` », correspondant à la projection de la position en x
- « `coord_y_site` », correspondant à la projection de la position en y

Pour utiliser cette table et accéder à ces informations en fonction du message réseau, nous allons devoir réaliser une jointure, avec la table réalisée dans la requête précédente, récupérant les drops VoLTE.

La première étape pour réaliser une jointure est de trouver une clé commune entre ces deux tables pour la réaliser. La problématique ici est que dans la première table, une cellule est identifiée à l'aide de 3 informations, la TAC, l'EID et le CID. Informations qui ne figurent pas dans cette seconde table, celle de la référence cellule.

Cependant, dans la seconde table, nous pouvons obtenir l'ECI, qui peut être calculé avec l'EID et le CID. La clé pour réaliser la jointure va donc être :

$$\underbrace{256 * \text{EID} + \text{CID}}_{\text{z\_app\_bdf\_hive\_socle\_mediation\_ran\_ofr.fai\_mediation\_ran\_ofr\_s1c}} = \underbrace{\text{ECI}}_{\text{z\_app\_hdu\_hive\_socle\_reseau\_mobile\_topologie.ref\_cellule}}$$

Figure 40 : Formule de calcul de l'ECI via l'EID et le CID

```

SET hive.vectorized.execution.enabled = false;
SET hive.vectorized.execution.reduce.enabled = false;

SELECT
    refcell.nom_site,
    refcell.secteur_site,
    refcell.azimuth,
    refcell.coord_x_site,
    refcell.coord_y_site,
    count(*) AS NB_DROP,
    count(DISTINCT slap.imsi) AS NB_SUB

FROM `z_app_bdf_hive_socle_mediation_ran_ofr`.`fai_mediation_ran_ofr_slc` slap
JOIN `z_app_hdu_hive_socle_reseau_mobile_topologie`.`ref_cellule` refcell
ON (256*slap.current_cell.eid+slap.current_cell.cid = refcell.eci_4g)

WHERE (slap.date_part = '2022-08-01'
AND slap.current_cell.tac IN (12385, 12352, 12449, 12354, 12353, ...)
AND slap.erabs[0].qci = '1'
AND ((slap.slap_cause[0].cause = '21'
OR slap.slap_cause[1].cause = '21'
OR ...
OR (slap.slap_cause[0].cause = '26'
OR slap.slap_cause[1].cause = '26'
OR ...)))

GROUP BY refcell.nom_site, refcell.secteur_site,
refcell.azimuth, refcell.coord_x_site, refcell.coord_y_site

```

Figure 41 : Requête HiveQL

Nous retrouvons ci-dessous la requête complète, avec la jointure entre les deux tables. Les éléments modifiés ou ajoutés par rapport à la précédente requête ont été mis en gras.

Tout d'abord, dans la partie SELECT, dans un souci d'optimisation, ont été sélectionnées uniquement les données dont nous avons besoin pour la suite de ce projet. Deux fonctions count() ont été utilisées :

- count(\*) AS NB\_DROP : sert à récupérer le nombre de drops total
- count(DISTINCT slap.imsi) : sert à compter le nombre d'utilisateurs différents ayant généré ces drops

Ensuite, la partie JOIN est l'application de la jointure, décrite précédemment, via la clé de jointure. Nous remarquons que des alias ont été ajoutés à chaque table. La première table, correspondant aux messages réseau porte l'alias « **slap** », quand la seconde table correspondant à la topologie des cellules du réseau porte l'alias « **refcell** ».

Pour terminer cette requête, nous agrégeons les champs au niveau du secteur pour que la fonction count() soit correctement déterminée. Nous obtenons le résultat ci-dessous :

refcell.nom_site	refcell.secteur_site	refcell.azimuth	refcell.coord_x_site	refcell.coord_y_site	nb_drop	nb_sub
ST_LO_PARC_EXPO	2	140	351180	2461440	8	7
CARANTILLY	1	40	338030	2460400	3	2
HAUTEVILLE_SUR_M2	2	135	315258	2449137	5	5
ANNEVILLE_EN_SAI1	1	30	338340	2522780	27	26
CHERBOURG_OCTEV1	1	30	312830	2521780	12	3
AIENCON_GARE	3	77	434628	2383996	1	1

Figure 42 : Résultat de la requête HiveQL

# IMPLEMENTATION DE LA SOLUTION

## VISUALISATION CARTOGRAPHIQUE DE MESSAGES RESEAU

Ces requêtes sur le big data nous permettent d'avoir toutes les informations dont nous avons besoin pour faire remonter des problèmes d'expérience utilisateur. La valeur ajoutée se trouve maintenant dans la visualisation.

Cette première version de visualisation reste assez simple. Notre modélisation dimensionnelle le sera donc aussi. Nous n'avons donc qu'une seule table, nommée ici « **drops\_VoLTE\_secteurs** ».

<b>Drops_VoLTE_secteurs</b>
Refcell.nom_site Refcell.secteur_site
Refcell.azimuth Refcell.coord_x_site Refcell.coord_y_site Nb_drop Nb_sub

Nous avons ici deux dimensions, Refcell.nom\_site et Refcell.secteur\_site et 5 mesures, Refcell.azimuth, Refcell.coord\_x\_site, Refcell.coord\_y\_site, Nb\_drop et Nb\_sub.

L'étape suivante est de mettre en place un processus d'extraction, de transformation et de chargement des données (processus ETL). Nous n'allons pas avoir besoin de la phase de transformation car ici les données sont déjà bien mises en forme selon nos besoins. Dans un premier temps, nous allons donc charger les données sur Tableau en utilisant comme source un fichier Excel, celui en réponse à notre requête SQL.

Il est important de bien affecter le type et la caractéristique de chaque champ :

- **Refcell.nom\_site** : Chaîne de caractères, dimension
- **Refcell.secteur\_site** : Nombre entier, dimension
- **Refcell.azimuth** : Nombre entier, mesure
- **Refcell.coord\_x\_site** : Nombre entier, mesure
- **Refcell.coord\_y\_site** : Nombre entier, mesure
- **Nb\_drop** : Nombre entier, mesure
- **Nb\_sub** : Nombre entier, mesure

Dans le but de générer une visualisation, il va falloir créer les points de chaque secteur de chaque site. Pour cela, nous allons créer un champs calculé « **position\_site** ».

Nous allons définir notre formule avec la fonction MAKEPOINT(). Cette fonction va nous permettre de générer des points géographiques à l'aide des coordonnées x et y mais surtout un système de projection.

Dans notre cas, nous utiliserons le système de projection dit « Lambert Zone 2 étendue » identifié par le code ESPG 27572. Nous obtenons alors la formule suivante :



Figure 43 : Formule du champ calculé de la position géographique

A la suite de ce champ calculé, des latitudes et des longitudes vont être générées automatiquement par Tableau. Nous obtenons, au final, tous les champs suivants pour notre visualisation.

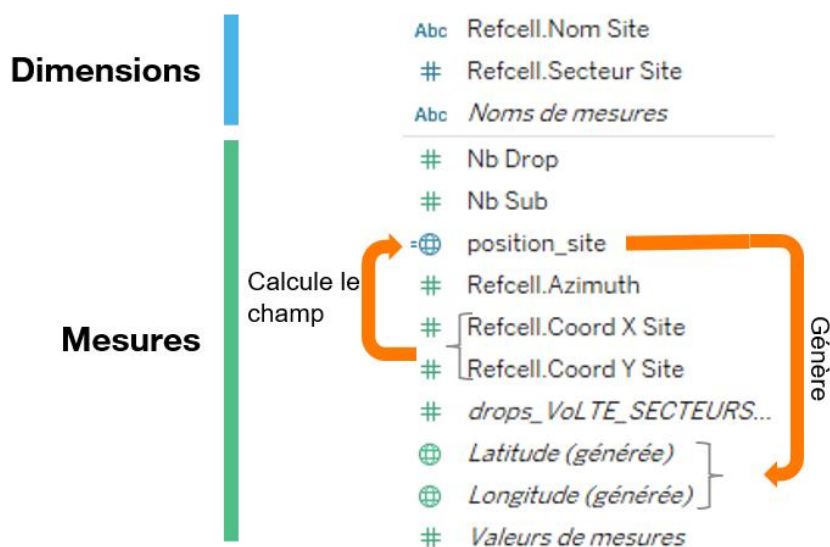


Figure 44 : Liste des attributs de dimensions ou de mesures et leurs relations

La visualisation nécessite d'afficher des formes personnalisées pour représenter les secteurs de nos sites. Chaque secteur a une direction différente déterminée via une valeur d'azimut. Il n'y a pas de fonction de rotation pour les formes sur Tableau. Nous allons donc devoir créer une image pour chaque azimut.

Un azimut est compris entre 0 et 355° par incrémentation de 5°. Nous allons donc devoir créer 71 images. Pour cela, nous allons développer un script Python.

```

1 import cv2
2 import numpy as np
3
4 image = cv2.imread("base.png", cv2.IMREAD_UNCHANGED)
5
6 (h, w) = image.shape[:2]
7 center = (w / 2, h / 2)
8 angle = 0
9 scale = 1
10
11
12 for angle in range(0,360, 5):
13     M = cv2.getRotationMatrix2D(center, -angle, scale)
14     rotated = cv2.warpAffine(image, M, (w, h))
15     nom = str(angle) + '.png'
16     cv2.imwrite(nom,rotated)
17

```

Figure 45 : Script Python de génération des formes de secteurs tous les 10 degrés d'azimuts

Via les librairies opencv et numpy, importées lignes 1 et 2, nous commençons par lire une image de base en prenant en compte la transparence. Ensuite, nous déterminons le point central via la moitié de la hauteur et de la largeur de l'image en ligne 6 et 7.

Ensuite, pour chaque angle, entre 0 et 355, nous calculons une matrice de rotation en ligne 13, que nous appliquons à l'image de base en ligne 14 via la fonction warpAffine() de la librairie opencv.

Un nom de fichier lui est déterminé en fonction de l'angle, puis nous l'enregistrons en ligne 15 et 16.

Ce script nous permet de générer l'ensemble des images nécessaires, comme nous pouvons le voir ci-dessous.

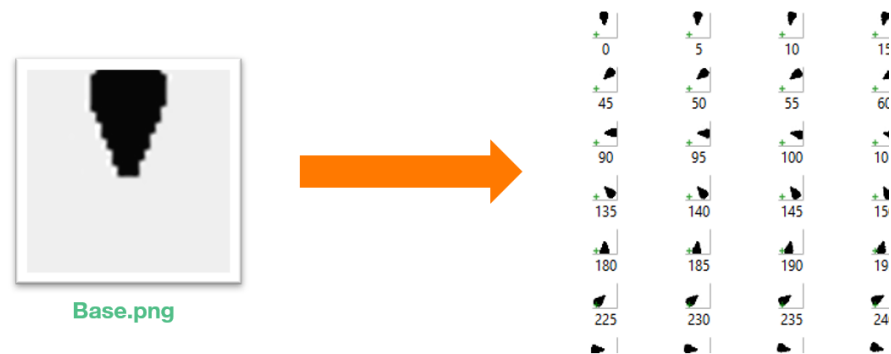


Figure 46 : Forme de base et extrait du résultat du script Python

Ces images vont pouvoir être utilisées comme palette de forme personnalisée pour chaque azimut sur Tableau.

Nous avons la position géographique des sites et de leurs secteurs ainsi que les formes pour les représenter en fonction de leurs azimuts. Il faut maintenant mettre en valeurs les secteurs à fort impact de drops VoLTE.

Pour cela, nous utiliserons une échelle de couleur, un dégradé de blanc à rouge vif en fonction du nombre de drops. Pour ajouter plus de détails, le nombre d'utilisateurs ayant généré ce total de drops est indiqué dans une infobulle.

Enfin, dans le but de correspondre aux besoins utilisateurs récupérés dans le sondage en début de projet, des détails par secteur sont affichés et des multitude de filtres est à disposition :

- Sites et secteurs
- Nombre minimal et maximal de drops
- Numéro de secteur

Nous pouvons alors utiliser le tableau de bord complet avec l'ensemble des fonctionnalités :

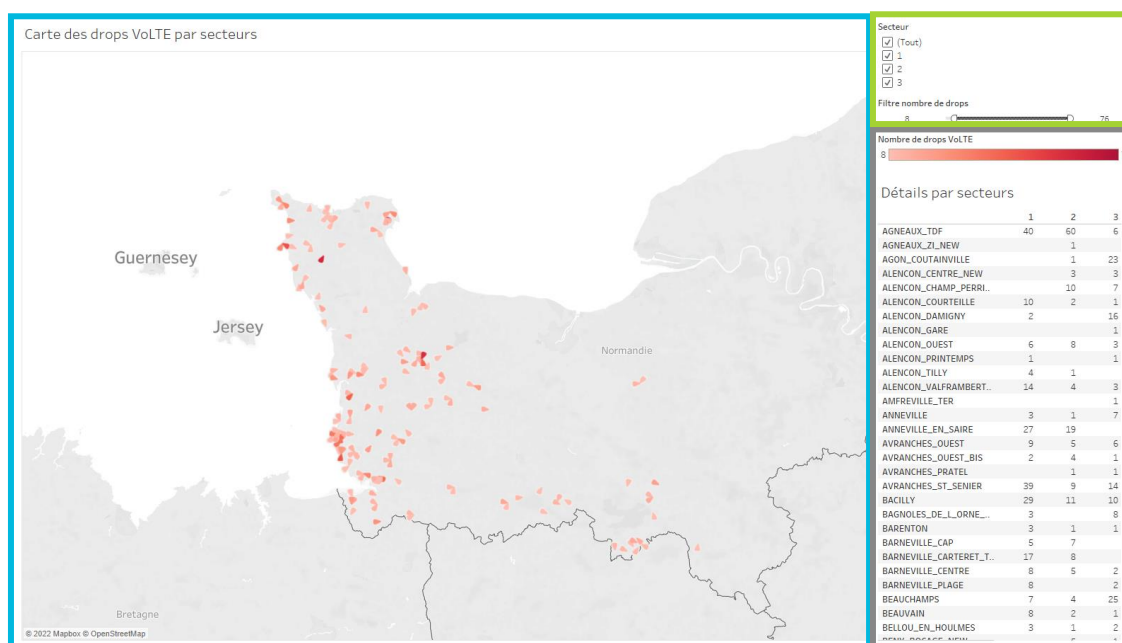


Figure 47 : Visualisation finale

Sur notre tableau de bord final, nous distinguons 3 zones, encadrées ci-dessus :

- En bleu pour la cartographie
- En vert pour la zone de filtrage
- En gris pour la légende et les détails

# AUTOMATISATION DE L'EXTRACTION ET L'UTILISATION DES DATAS

La cartographie étant maintenant opérationnelle, pour terminer cette partie technique et dans le but d'avoir une solution complète, il est nécessaire de l'automatiser. Afin d'avoir une temporalité cohérente par rapport aux données à traiter, la granularité de l'automate sera journalière. Pour réaliser cette automatisation, nous allons procéder en plusieurs étapes :

- Modifications de la requêtes SQL
- Développement d'un script Shell pour récupérer les résultats
- Mise en place d'un processus
- Programmation automatique du processus
- Récupération des datas automatique sous Tableau

Dans un premier temps nous devons donc modifier les précédentes requêtes. Toujours dans ce cadre d'automatisation, l'objectif de cette modification est double. Nous avons besoin d'une date actualisée au jour le jour, ainsi qu'une redirection du résultat de la requête.

Pour la partie date, nous allons utiliser les moyens proposés par le langage de HiveQL en ajoutant une variable. Cette variable est ajoutée directement dans le script. Elle sera stockée dans l'environnement par défaut, hiveconf, puisque cet environnement par défaut a aussi l'avantage d'affecter non seulement le script en lui-même mais aussi le « Job ». Dans Hive le « Job » est défini par le processus complet à automatiser.

Pour définir la valeur de cette variable, nous utiliserons la variable système « **CURRENT\_DATE** ». Cette variable système nous renvoie la date du jour, de type date au format 'YYYY-MM-dd', avec Y pour l'année, M pour le mois et d pour le jour.

Cependant, nous ne recherchons pas les données du jour même. En effet, en fonction de l'heure où serait lancée la requête, les données ne serait pas complètes et les données du jour ne seraient pas encore enregistrées dans la table des messages réseau.

Nous devons donc rechercher le jour J-1. Pour cela, nous utiliserons la fonction DATE\_ADD() pour soustraire un jour à la date courante. Nous obtenons donc l'instruction suivante pour définir la date à J-1 dans une variable de l'environnement hiveconf :

```
SET hiveconf:datevariable=DATE_ADD(CURRENT_DATE, -1) ;
```

Ensuite, pour accéder au contenu de cette variable précédemment définie, il suffira d'insérer dans notre script « \${hiveconf:datevariable} ». Comme vu précédemment, cette variable est de type date. Nous devons convertir la variable en chaîne de caractères via la fonction « CAST(variable AS STRING) ».

Maintenant que la date est insérée correctement dans notre script SQL, nous devons rediriger le résultat de l'exécution de notre requête HiveQL.

Pour cela il existe l'instruction « **INSERT OVERWRITE DIRECTORY** ». Nous pouvons nous en servir, en renseignant quelques paramètres, pour effectivement rediriger le contenu du résultat de la requête dans le fichier de notre choix du système HDFS.

Le système HDFS, ou Hadoop Distributed File System, est le système de fichier distribué sur lequel sont stockés nos scripts et nos documents avec lesquels nous travaillons sur Hive.

Nous devons indiquer dans les paramètres de cette instruction, à la fois :

- Le répertoire de sortie dans le HDFS
- Le format de fichier
- Les indications de fin de champs, de fin de liste, de fin de fin de ligne
- La façon dont doivent être définies les valeurs nulles
- Le type de fichier de sortie

Pour des raisons d'optimisation de l'espace, nous avons défini notre fichier de la même façon qu'un fichier csv mais nous choisirons de l'enregistrer au format d'un fichier de texte brut.

Nous pouvons voir ci-dessous notre requête HiveQL, une fois la mise en place effectuée de la variable de date, dans l'encadré bleu et l'instruction de redirection du résultat, dans l'encadré vert.

```
1 SET hive.vectorized.execution.enabled = false;
2 SET hive.vectorized.execution.reduce.enabled = false;
3 SET hiveconf:datevariable=DATE ADD(CURRENT DATE, -1);
4 INSERT
5 OVERWRITE DIRECTORY '/user/u_vtqv6895_drm/output'
6 ROW FORMAT DELIMITED
7 FIELDS TERMINATED BY ';'
8 COLLECTION ITEMS TERMINATED BY '#'
9 MAP KEYS TERMINATED BY '\002'
10 LINES TERMINATED BY '\n'
11 NULL DEFINED AS ''
12 STORED AS TEXTFILE
13 SELECT slap.date_part, refcell.nom_site, refcell.secteur_site, refcell
14 FROM `z_app_bdf_hive_socle_mediation_ran_ofr`.`fai_mediation_ran_ofr_s
15 JOIN `z_app_hdu_hive_socle_reseau_mobile_topologie`.`ref_cellule` refc
16 ON (256*slap.current_cell.eid+slap.current_cell.cid = refcell.eci 4g)
17 WHERE (slap.date_part = CAST( ${hiveconf:datevariable} AS STRING)
18 AND slap.current_cell.tac in (12385,12352,12449,12354,12353,12448,6223
19 AND slap.erabs[0].qci = '1'
20 AND ((slap.slapp_cause[0].cause = '21' OR slap.slapp_cause[1].cause = '2
21 OR (slap.slapp_cause[0].cause = '26' OR slap.slapp_cause[1].cause = '26'
22 GROUP BY slap.date_part, refcell.nom_site, refcell.secteur_site, refc
```

Figure 48 : Requête HiveQL avec export des données et modification de la variable de date automatique



Maintenant qu'au lancement de la requête un fichier de redirection est généré, il nous faut encore pouvoir le récupérer automatiquement. Dans un premier temps, nous récupérerons ce fichier par mail. Pour cela nous allons développer un script Shell.

```
1 VAR_RESULT="req_output"
2
3 MON_REP_HDFS=/user/u_vtqv6895_drm/output/
4 MON_REP_FS_TEMP=rep_temp/
5
6 mkdir ${MON_REP_FS_TEMP}
7 hdfs dfs -get ${MON_REP_HDFS}* ${MON_REP_FS_TEMP}
8
9 echo "date; nom_site; secteur_site; azimuth; coord_x_site; coord_y_site; NB_DROP; NB_SUB" >
   cat ${MON_REP_FS_TEMP}000000_0 >> ${MON_REP_FS_TEMP}${VAR_RESULT}.csv
```

Figure 49 : Script shell de compilation des résultats

Dans ce script shell nous commençons par définir une variable qui sera le nom de sortie du fichier avec le résultat complet de la requête.

Ensuite en ligne 3 et 4 sont définis les chemins, d'abord le répertoire des fichiers générés par la requête SQL et ensuite un répertoire temporaire avec le fichier csv de sortie.

En ligne 6 nous créons ce répertoire temporaire puis nous y insérons l'ensemble des fichiers de texte brut générés par la requête SQL en ligne 7. Pour terminer nous compilons l'ensemble de ces fichiers de texte brut dans un fichier csv en prenant soin d'y ajouter l'entête.

L'étape suivante est de définir un Workflow. Un workflow est un processus avec les requêtes SQL et ce script shell afin qu'ils s'exécutent dans un ordre précis.

Dans notre cas, notre Workflow est plutôt simple, comme nous pouvons le voir ci-dessous.



Figure 50 : Workflow de la récupération des données

Nous commençons par lancer notre script SQL pour récupérer l'ensemble de nos résultats et à la suite, nous lançons notre shell pour compiler ces résultats dans un fichier CSV.

Ce workflow doit maintenant s'exécuter chaque jour pour récupérer les data de façon journalière. Nous utilisons le planificateur de hive afin de planifier notre workflow.

Nous choisirons donc, sur une durée de 1 semaine, de planifier le lancement de notre workflow chaque jour à 6 heures, selon le fuseau horaire de Paris.

L'automatisation ainsi lancée, il nous faut maintenant récupérer les données stockées sur notre HDFS Hive pour les importer automatiquement. Tableau permet, au lieu de prendre comme source un fichier Excel comme c'était le cas jusqu'à présent, de se connecter à une base de données.

Pour cela, il faut s'intéresser de plus près à l'architecture de Hive et à la façon dont il gère ses fichiers, que nous pouvons voir ci-dessous.

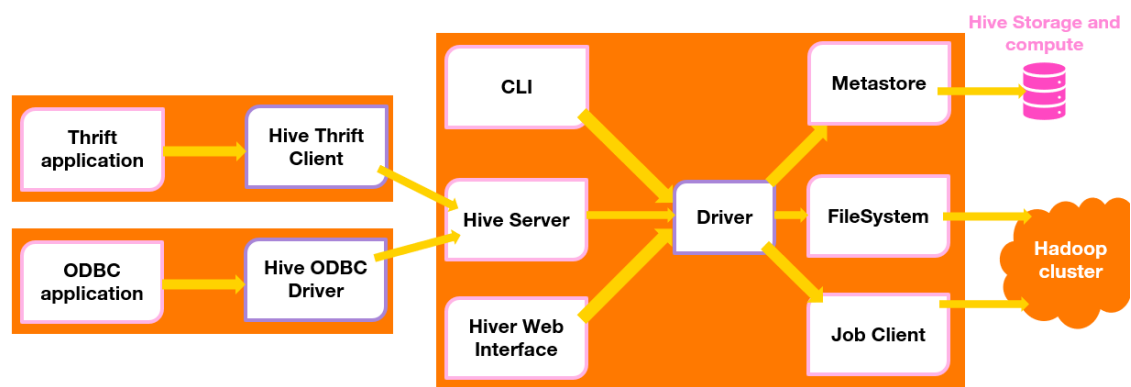


Figure 51 : Architecture de Hive

Jusqu'à présent, nous utilisons la partie client, pour accéder au serveur. Nous allons maintenant utiliser la partie Open Database Connectivity, ou ODBC.

Tableau propose des connecteurs pour accéder à cet ODBC de façon plus simple. Nous allons utiliser un connecteur compatible nommé « **MapR Hadoop Hive** ».

Via cette connexion, la source de donnée ne sera plus le fichier Excel mais directement le fichier généré. Chaque modification dans celui-ci induira des modifications en temps réel sur la cartographie de Tableau.

Ainsi, les données seront actualisées chaque jour à 6h, la solution proposée sera autonome pour remonter les drops sur le service VoLTE impactant le ressenti client.

# TESTS UTILISATEURS, VALIDATIONS ET AXES D'AMELIORATION

Pour valider la solution mise en place, trouver des axes d'amélioration et vérifier que les besoins initiaux ont bien été remplis nous avons mis en place des tests utilisateurs.

Pour cela un protocole a été mis en place au travers de scénarios basés sur des cas concrets.

- Scénario 1 : Recherche d'une zone impactante à optimiser dans le but de diminuer le ratio de coupures VoLTE.
- Scénario 2 : Compréhension de la problématique à l'origine d'un nombre important de drops sur le service VoLTE sur le site X.

Un panel de 2 collègues travaillant sur l'activité d'optimisation a été sélectionné pour réaliser ces scénarios durant lesquelles ils ont été observés et chronométré. Pendant ces tests aucune indication ne leur a été donnée autre que le scénario. Les scénarios sont réalisés les uns à la suite des autres. Ces collègues ont été sélectionnés pour leurs larges connaissances au vu de leur expérience et pour leur faculté à générer de nombreuses critiques constructives.

Enfin, un questionnaire a été donné à chaque utilisateur-test pour livrer leurs impressions et leurs analyses de la solution. Le retour d'expérience est synthétisé ci-dessous.

## **Scénario 1 : Recherche d'une zone impactante à optimiser dans le but de diminuer le ratio de coupures VoLTE.**

Il est indiqué qu'il serait plus rapide et plus simple de retrouver facilement un site en particulier en ayant la possibilité de sélectionner une plaque. Aussi, afin de mieux analyser le nombre de coupures VoLTE il serait intéressant d'avoir en parallèle une indication sur le volume de trafic. Néanmoins, cette cartographie apporte une vraie valeur ajoutée dans la possibilité de pouvoir analyser les coupures selon une zone géographique. En effet parfois, quand les drops VoLTE sont dûs à des handover il y a un impact sur plusieurs sites et la cartographie permet de le voir d'un coup d'œil de façon macro. De plus, quand les coupures se produisent sur plusieurs cellules d'un secteur, cette visualisation au secteur accélère la détection.

## **Scénario 2 : Compréhension de la problématique à l'origine d'un nombre important de drops sur le service VoLTE sur le site X.**

La possibilité d'exporter les données de façon plus claire, d'avoir plus de détails sur les appareils utilisés ou les numéros de clients à l'origine de ces drops serait un plus. En effet, l'origine des drops en question sur le site sélectionné était des drops d'un « mobile pollueur ». Des mobiles pollueurs sont des terminaux sur le réseau qui génèrent un grand nombre de drop dû à un défaut de leur équipement ou de leur carte SIM. Cette problématique a été mise en lumière très simplement grâce à l'info bulle de la cartographie qui indiquait un très grand nombre de drop pour très peu de terminaux. Le service client a pu prendre contact avec ce client pour un changement de carte SIM.

# CONCLUSION

Dans le but de prendre en compte l'ensemble des clients, de façon indépendante, nous avons pris la source de nos données, directement dans les messages échangés entre les terminaux et les cellules.

Nous allons récupérer, traiter puis extraire les informations importantes de ces messages. Ces messages réseau vont être mis en parallèle de bases de données pour avoir le maximum d'informations sur ces échanges, notamment les informations sur les cellules.

Ces informations vont ensuite être affichées sous forme géographique. Cette visualisation convient aux ingénieurs optimiseurs et répond bien à leurs besoins.

Cette visualisation permet une analyse qui est à la fois objective, puisque basée sur des chiffres factuels mais n'est pas aussi « rigide » que des KPI numériques. Elle permet également de meilleures possibilités de comparaisons entre des sites à proximité.

Cette carte, offre aussi le moyen de pouvoir facilement comparer secteur à secteur. Nous avons donc là un vrai contrôle et la possibilité d'obtenir rapidement un état des lieux de sa zone.

Nous l'avons vu, les premiers retours confirment à la fois la réponse au besoin, mais offrent aussi des axes d'amélioration pour rendre le travail des optimiseurs toujours plus efficace. Or, ici l'efficacité est très importante. En effet, se libérer du temps pour un optimiseur sera synonyme de plus de disponibilités pour la mise en place de nouvelles actions sur le réseau.

C'est le meilleur moyen pour qu'Orange reste l'opérateur leader sur le marché des télécommunications. Il sera en mesure de résoudre les problèmes des utilisateurs avant même que ces derniers ne se signalent auprès du service client.

Dans certains cas, de par ces actions proactives, c'est bien le service client qui contactera l'utilisateur concerné. Cela permet donc d'offrir une expérience client incomparable.

# BILAN PERSONNEL

Ces 3 années passées en alternance au sein de l'équipe RADIO d'Orange ont été pour moi très formatrices. Cela a été tout d'abord la possibilité d'évoluer vers le monde du réseau mobile.

Le monde du mobile, ou de la radio, est extrêmement différent de ce que j'avais pu faire auparavant et est en perpétuel changement, ayant toujours de nouvelles innovations. J'ai pu voir la mise en place et les premiers tests sur la 5G ou encore la montée en puissance de la VoLTE.

Cela a été aussi pour moi, la possibilité de travailler sur plusieurs activités différentes. J'ai débuté avec l'activité d'analyste, évolué sur celle de design, et j'ai terminé avec l'activité d'optimisation, tout en étant sur des projets du service d'expertise. J'ai donc pu faire un tour d'horizon de l'ingénierie du réseau mobile.

La conception de ce projet a été la touche finale de ma formation. C'est une véritable synthèse d'un ensemble de compétences acquises aussi bien à l'école qu'en entreprise.

En effet, j'ai travaillé sur le réseau mobile, à la fois sur la partie physique et sur la partie protocolaire. J'ai manié le big data, exploré Hadoop en utilisant du SQL. J'ai pu accélérer certains process avec des scripts python. J'ai travaillé sur du cloud, en utilisant des systèmes de fichiers distribués. J'ai travaillé sur de l'automatisation, des tâches programmées, et des scripts shell. J'ai utilisé les cours de business intelligence pour mettre en forme les données et les visualiser. La méthodologie projet a été celle vue au travers du projet 3A et des cours de conduite du changement. Enfin, pour terminer, les retours utilisateurs se sont appuyés sur une partie des enseignements d'UX.

Ce projet est la conclusion de 3 ans d'apprentissage à l'école et en entreprise où je suis monté en compétence sur les activités de la radio.

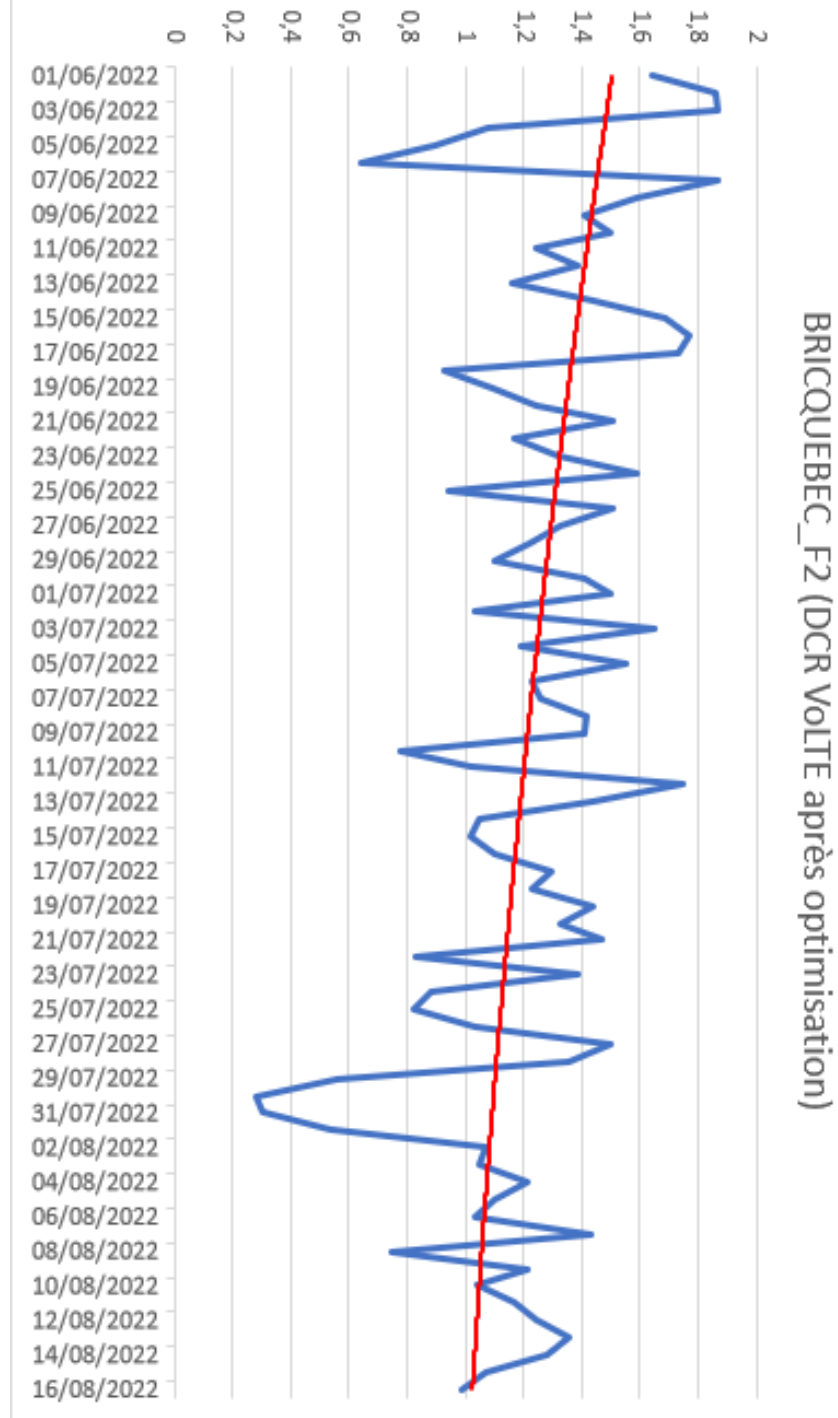
# ANNEXES

## Annexe I – Indicateurs saisonnier

2G	3G	4G	5G
TCH cong>2%	Cong power RAB DL >1000 ou une augmentation de 200	Rejet connexion RRC > 5 et CSSR > 99%	5G_maximum_number_of_NSA_users > 0,8*64
1 jour	1 jour	2j consécutifs	3j consécutifs
Accessibilité (voix+data) <70% ou dégradation de 10 pt	Cong power RRC UL >1000 ou une augmentation de 200	PDCCCH blocking > 1%	5G_maximum_number_of_NSA_users > 0,8*128
2 jours	1 jour	2j consécutifs	3j consécutifs
	Cong code RAB >50	Débit DL L800/L2100/L700 < 2 Mbps	5G_Non_Stand_Alone_call_accessibility_5G_side <98%
	1 jour	2j consécutifs	3j consécutifs
	Cong code RRC >50	Débit DL L1800/L2600 < 4 Mbps	
	1 jour	2j consécutifs	
	CSSR <80% ou une dégradation de 5 pt	UE max connected L800/L700/L2100 > 310 ou UE max connected L2600/L1800 > 560	
	2 jours consécutifs	2j consécutifs	
	RAB Voice AC UL >1000 ou une augmentation de 200	B1 NR SR <5%	
	1 jour	3j consécutifs	

## Annexe II - Tendence DCR VoLTE

(Courbe des tendances en rouge)



## Annexe III - Réponses et questions détaillées du sondage

**Sondage besoins utilisateurs**  
**brouillon**

**Indicateur CxGP**

- Utilisez-vous les indicateurs mensuel CxGP pour l'optimisation de vos plaques ?
  - SI OUI
    - Ces indicateurs sont facilement compréhensibles ?
    - Ces indicateurs sont simple d'utilisation ?
    - Ces indicateurs répondent totalemezt à vos besoins ?
      - QUELS SONT LES INDICATEURS MANQUANT ?
  - SI NON
    - Ces indicateurs ne sont pas compréhensibles ?
    - Ces indicateurs sont trop compliqués à utiliser ?
    - Ces indicateurs ne répondent pas à vos besoins ?
      - QUELS SONT LES INDICATEURS MANQUANT ?

**Indicateur QoE**

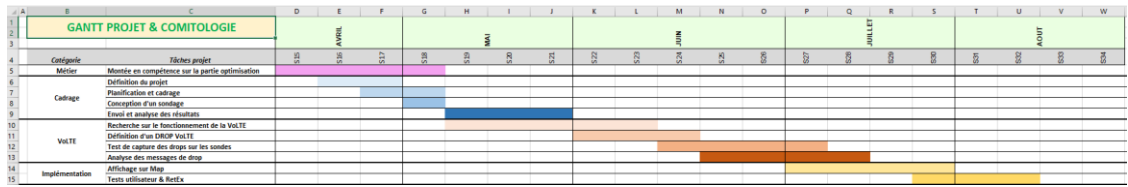
- Utilisez-vous les sondes Anritsu en dehors du traitement de plaintes clients, pour analyser les problématiques réseau sur vos plaques ?
  - SI OUI
    - Avez-vous réussi à résoudre un cas concret ?
    - Pouvez-vous détailler votre cas concret et la valeur ajoutée de l'analyse via la sonde Anritsu ?
  - SI NON
    - Quels sont les raisons qui vous ont empêché de résoudre votre cas ?

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>Partie 1 (CxGP)</b>	Utilisez-vous	Ces indicate	Ces indicate	Ces indicate	Ces indicate	Ces indicate	Ces indicate	Quels sont le	Quels sont le
2		Non	N/A	N/A	N/A	Non	Non	Non		
3		Oui	Oui	Oui	Non	N/A	N/A	N/A	Tableau n'es connaissance	
4		Non	N/A	N/A	N/A	Non	Non	Oui	Il ne manque pas forceme	
5		Non	N/A	N/A	N/A	Non	Non	Non		
6		Oui	Oui	Oui	Oui	N/A	N/A	N/A		partager des
7		Non	N/A	N/A	N/A	Oui	Oui	Non		
8		Non	N/A	N/A	N/A	Non	Oui	Oui	Je n'utilise pas ces indicat	
9		Non	N/A	N/A	N/A	Non	Oui	Oui	Je n'ai pas l'i	En phase, be
10	<b>Synthèse</b>	Oui	28,57%	facile et simple		compréhensible				
11		Non	71,43%	ne rep pas au besoin		simple				

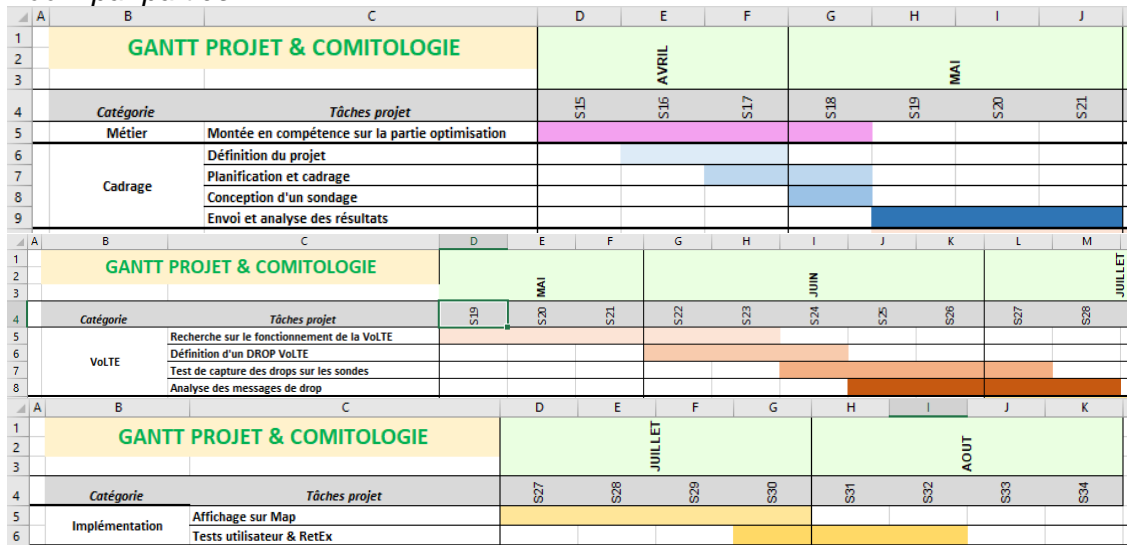
	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
<b>Partie 2 (Projets)</b>	Utilisez-vous	Avez-vous ré	Pouvez-vous: Quels sont le		Un commentaire [Facultatif]							
	Non	N/A										
	Oui	Oui	Je m'en rappelle plus car c'est souvent la partie analyste qui traite en premier le comportement sur les traces.									
	Non	N/A										
	Non	N/A										
	Oui	Oui	pour identifier la cellule serveuse.									
	Oui	Oui	découverte de mobile pollueur en lien avec la dégradation des HO ou une surcharge des cellules									
Oui	Oui	accessibilité / coupure / Mobile fou										
Oui	Oui	Identification de devices causant des problèmes d'accessibilité ou de mobilité interfreq.										
<b>Synthèse</b>	66,67%	100,00%	Oui									
	33,33%	0,00%	Non									



# Annexe IV – Diagramme de Gantt



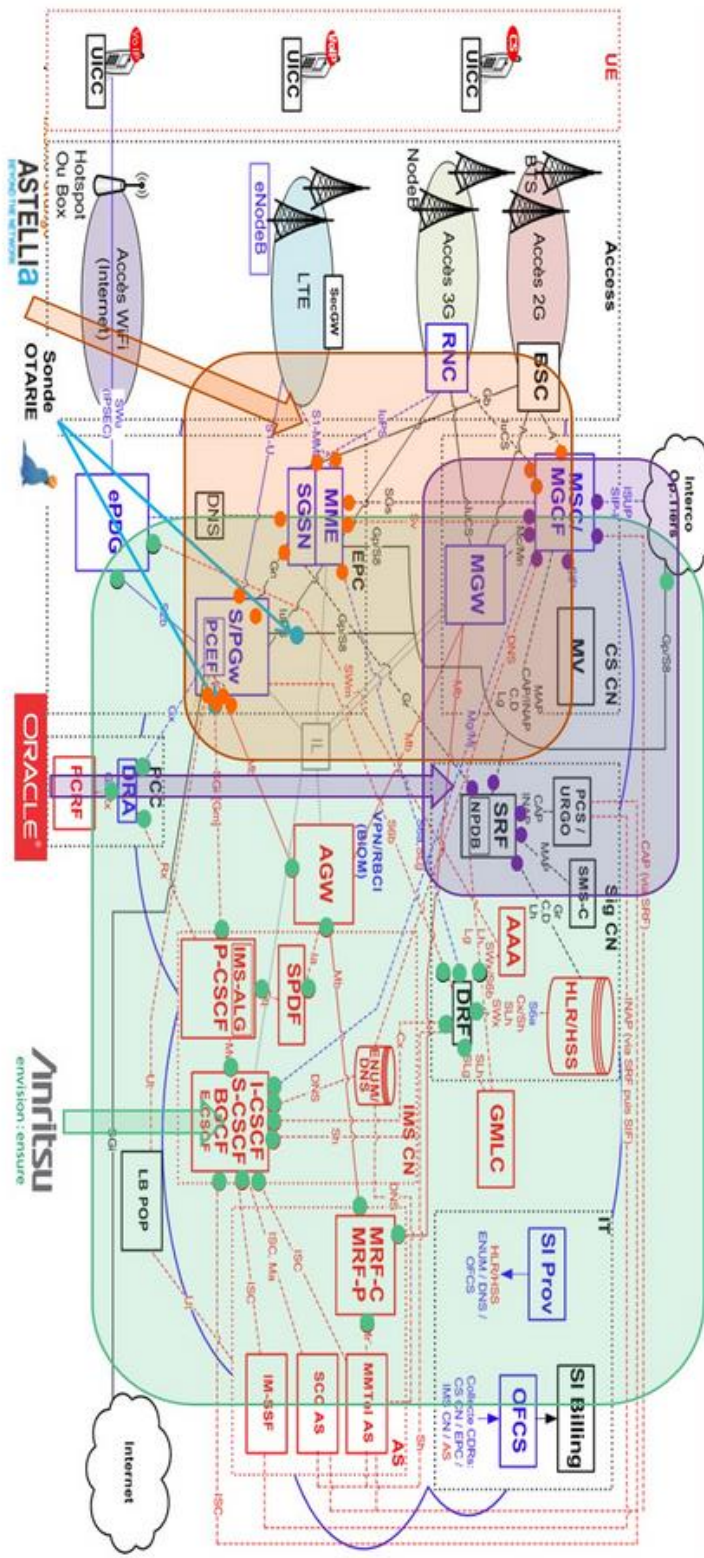
Zoom par parties :





# Annexe XI : Points de références de la sonde Anritsu

(Point et zone verte et orange sur l'illustration, Anritsu ayant remplacé Astellia)





# GLOSSAIRE

<b>Acronyme</b>	<b>Signification</b>
ANFR	Agence Régionale des FRéquences
ARCEP	Autorité de Régulation des Communication Electronique et des Postes
BSC	Base Station Controler
BTS	Base Transceiver Station
CID	Cell Identifier
CoDEP	Comité de Déploiement
CSCF	Call/Session Control Functions
CSFB	CS FallBack
DAO	Détection Analyse et Orientation
DCR	Drop call rate
DEP	Déploiement
DFS	Distributed File System
DGT	Direction générale des Télécommunications
DL	Download/Downlink
ECI	E-UTRAN Cell Identifier
EID	EnodeB Identifier
EPC	Evolved Packet Core
ERAB	E-UTRAN Radio Access Bearer
ERQ	Expertise Radio Qualité
ETL	Extract-Transform-Load
EUTRAN	Evolved-UMTS Terrestrial Radio Access Network
FNX	Fiche Navette X
HBA	Hauteur Bas Antenne
HDFS	Hadoop Distributed File System
HLR	Home Location Register
HO	HandOver
I CSCF	Interrogating CSCF
IMS	IP Multimedia System
IR	Ingénierie Radio
IRM	Ingénierie Radio Mobile
KPI	Key Performance Indicator
LTE	Long-Term Evolution (4G)
MCC	Mobile Country Code
MME	Mobility Management Utility
MNC	Mobile Network Code
MSC	Mobile Switch Center
OCD	Orange Cyber Defense
ODBC	Open Database Connectivity

ODR	Opération De Restructuration
OSS	Operations support system
OWF	Orange Wholesale France
P CSCF	Proxy CSCF
PDN	Packet Data Network
PGW	Public Data Network GateWay
PLMN	Public land mobile network
PMP	Pilotage Maintance et Patrimoine
PTT	Postes Télégraphes et Télécoms
PX	Priorité X
QCI	QoS Class Identifier
QoE	Quality of Experience
QoS	Quality of Service
RA	Réseau d'accès
RADIO	Radio Analyse Design Ingénierie Oprimisation
RAN	Radio Access Network
RNC	Radio Network Controler
RTWP	Received Total Wideband Power
S CSCF	Serving CSCF
SGSN	Serving GPRS Support Node Radio Service
SGW	Serving GateWay
SI	Système d'information
SQL	Structured Query Language
TCP	Transmission Control Protocol
TER	Technicien Expertise Radio
UE	User Equipement
UL	Upload/Uplink
UPR	Unité de Pilotage Réseau
VoLTE	Voice on LTE

# TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Organigramme du service RADIO.....	7
Figure 2 : Logo stratégie Engage 2025 .....	8
Figure 3 : Portraits ex-PDG, DG et Président.....	8
Figure 4 : Schéma des principaux composants d'un site mobile .....	10
Figure 5 : Symbole d'un site radio sur le système d'information .....	11
Figure 6 : Architecture du réseau LTE.....	12
Figure 7 : Schéma d'un handover .....	12
Figure 8 : Architecture de l'IMS .....	13
Figure 9 : Interface du tableau de bord des KPI OSS.....	14
Figure 10 : Processus du plan d'action saisonnier .....	15
Figure 11 : Taux de coupures et tendance du KPI OSS du DCR VoLTE.....	16
Figure 12 : Couverture radio d'une cellule d'un site mobile .....	16
Figure 13 : Zoom sur la zone de couverture et mise en évidence de l'overshooting..	17
Figure 14 : Cartographie de la zone et des sites environnants.....	18
Figure 15 : Topologie du terrain proche du site 1 .....	18
Figure 16 : Niveau de champ reçu en fonction du temps lors d'une mobilité .....	19
Figure 17 : Extrait des statistiques du sondage utilisateur.....	20
Figure 18 : Logo commercial de la VoLTE .....	22
Figure 19 : Graphique du KPI du ratio de drop VoLTE d'une cellule.....	23
Figure 20 : Compteur composant le KPI de ratio de drops VoLTE .....	23
Figure 21 : Schéma des points de référence de la sonde.....	24
Figure 22 : Schéma de la localisation du point de référence choisi .....	25
Figure 23 : Interface Anritsu de la sonde.....	27
Figure 24 : Description du contenu du champ "Common - E-UTRAN Cell" .....	28
Figure 25 : Champs de la sonde en fonction des contextes de release.....	29
Figure 26 : Schéma des champs nécessaires à "Common - Data Record Type" .....	30
Figure 27 : Schéma explicatif du "succès" des messages de drop.....	31
Figure 28 : Extrait de la documentation descriptive du champ "Common - Dropped VoLTE Calls".....	32
Figure 29 : Champs interface Anritsu correspondant aux Elementary Procedure.....	34
Figure 30 : Requête sonde sur l'interface Anritsu.....	35
Figure 31 : Extrait des résultats de la sonde via l'interface Anritsu .....	36
Figure 32 : Modification du layout avec l'ajout de champs dans les résultats de la requête .....	36
Figure 33 : Analyse des résultats sous Excel.....	36
Figure 34 : Schéma des différences entre l'interface Anritsu et le big data via Hive ..	37
Figure 35 : Applications de l'environnement Hub Data .....	37
Figure 36 : Requête HiveQL détections des messages de drop VoLTE .....	38
Figure 37 : Structure des Elementary Procedures.....	39
Figure 38 : Extrait des résultats du nombre de messages de drop VoLTE agrégés par cellules.....	39
Figure 39 : Détermination de la localisation d'un terminal via triangulation.....	40
Figure 40 : Formule de calcul de l'ECI via l'EID et le CID .....	41
Figure 41 : Requête HiveQL .....	42
Figure 42 : Résultat de la requête HiveQL .....	42
Figure 43 : Formule du champ calculé de la position géographique .....	44

Figure 44 : Liste des attributs de dimensions ou de mesures et leurs relations .....	44
Figure 45 : Script Python de génération des formes de secteurs tous les 10 degrés d'azimuts.....	45
Figure 46 : Forme de base et extrait du résultat du script Python.....	45
Figure 47 : Visualisation finale .....	46
Figure 48 : Requête HiveQL avec export des données et modification de la variable de date automatique .....	48
Figure 49 : Script shell de compilation des résultats.....	49
Figure 50 : Workflow de la récupération des données.....	49
Figure 51 : Architecture de Hive.....	50

## TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Bandes de fréquence en 4G.....	11
Tableau 2 : Exemples de classes de QoS (QCI) .....	13
Tableau 3 : Tableau récapitulatif du diagramme de Gantt .....	21
Tableau 4 : Identifiants et descriptions des causes de release ciblées.....	26
Tableau 5 : Liste des elementary procedure ciblées .....	33



# BIBLIOGRAPHIE

3GPP, E. -, 2014. *LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network; S1 Application Protocol (S1AP)*. [En ligne]  
[https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/136400\\_136499/136413/09.09.00\\_60/ts\\_136413v090900p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/136400_136499/136413/09.09.00_60/ts_136413v090900p.pdf)

Aklouf, S., 2022. Qui est Christel Heydemann, nouvelle DG d'Orange ?. *BFMTV.com*.  
Anritsu, 2021. *eoLTE Format 6.0 Reference Manual*. [En ligne]  
[Intranet Orange](#)

Anritsu, 2022. *eoSearch Common Layout Reference Manual*. [En ligne]  
[Intranet Orange](#)

Delmond, D., 2022. Orange nomme Jacques Aschenbroich à la présidence de son conseil d'administration. *lesechos.fr*.

Launay, F., 2022. *Blog LTE - Université de Poitiers*. [En ligne]  
<https://blogs.univ-poitiers.fr/f-launay/>

Manière, P., 2022. Orange annonce la fin de la 3G en France d'ici la fin 2028. *latribune.fr*.

Nokia, 2022. *Object information*. [En ligne]  
[Intranet Orange](#)