

MANDJET TELECOM, un réseau privé 5G et un outil pédagogique

Xavier Lagrange, Julien Saint-Martin

Crédits : ALEGRE Lia, BELKHIR Rayane, BONNARDON Romain, COUVRAT Morgan, RAVAUX Louis

Journées LPWAN, 04/07/25



BANQUE des
TERRITOIRES



"Opération soutenue par l'État dans le cadre de l'AMI « Compétences et Métiers d'Avenir
» du Programme France 2030, opéré par la Caisse des Dépôts."

Présentation générale

▀ Laissons la parole aux étudiants ! [Video Mandjet](#)





1. Contexte

2. Méthodologie

3. Simulations de couverture

4. Préparation du déploiement

5. Conformité légale et juridique

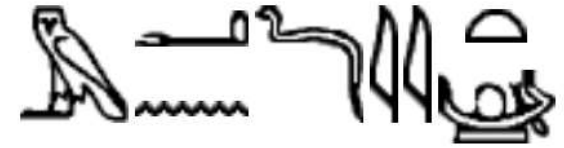
6. Résultats

7. Perspectives

Contexte

- Systeme alimenté par la station solaire Mandjet (**Off-Grid**),
<https://mandjet.fr/about/>

- ▶ Nicolas Montavont, Georgios Papadopoulos, Baptiste Gaultier



- Accord de « Formation Spécialisée en matière de Santé, de Sécurité et de Conditions de Travail » (nov 23) et du comité de direction d'IMT Atlantique (janv 24)

- Licence ARCEP via société WeAccess :
décision **2024-1417** (juin 2024)

- ▶ Bande de fréquence 2575 - 2595 MHz (20 MHz)



- Expérimentations et outil pédagogique pour le projet IMTfor5G+

Le projet d'étudiants (3^{ème} année école d'ingénieur): octobre 2024 à mars 2025

■ Mise en place d'un réseau 5G privé alimenté par des panneaux solaires sur le campus d'IMT Atlantique de Rennes



© Christian MOREL / IRISA / CNRS Images

- Étude théorique de la couverture
- Configuration du réseau cellulaire
- Architecture réseau
- Interconnexion avec le réseau de l'école
- Gestion des utilisateurs et des cartes SIM
- Conformité à la licence ARCEP
- Création d'une identité de marque.

Méthodologie

1. **Simulations** de couverture en utilisant le logiciel Planet
2. **Rédaction** d'une charte d'usage
3. **Configuration** du matériel via RapidSpace panel puis en lignes de commande pour Amarisoft
4. **Configuration** des cartes SIM
5. **Installation** de l'antenne et test avec un nombre restreint d'utilisateurs
6. **Distribution** "à grande échelle" des cartes SIM et **communication** aux utilisateurs

Simulations de couverture



Logiciel PLANET d'Infovista

► <https://www.infovista.com/products/planet/rf-planning-software>

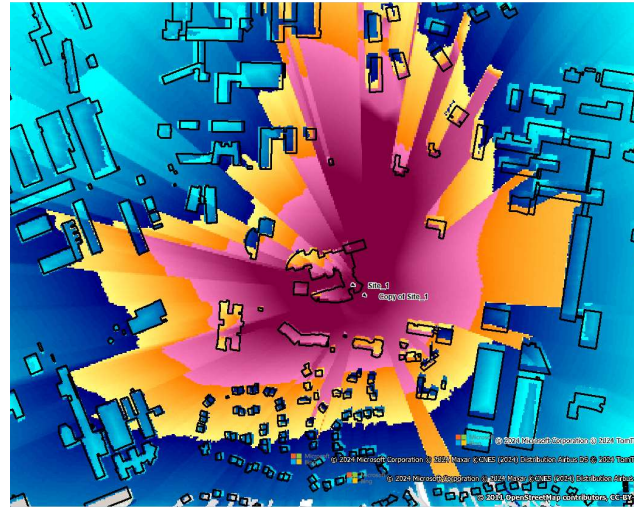
Outil de planification pour la conception de réseau cellulaire

Prise en compte des contraintes : caractéristiques du bâtiment, rayonnement de l'antenne...

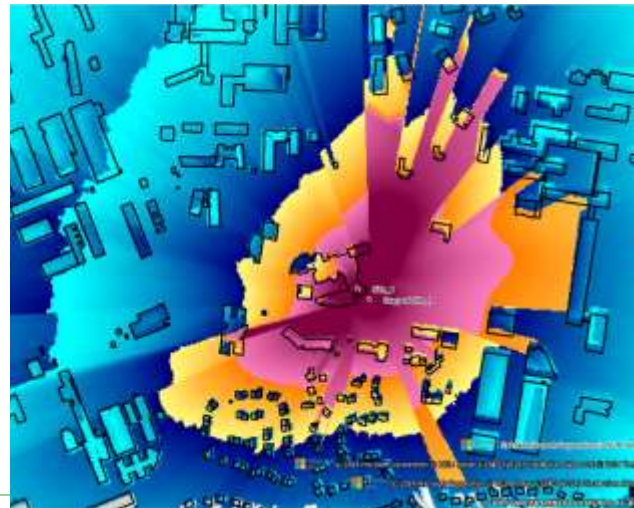
Optimisation de la couverture de l'antenne

Simulations de couverture

Tilt :
0 degré



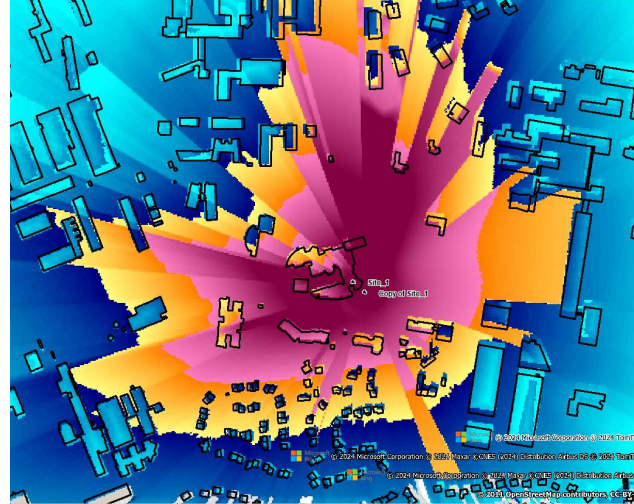
9 degrés



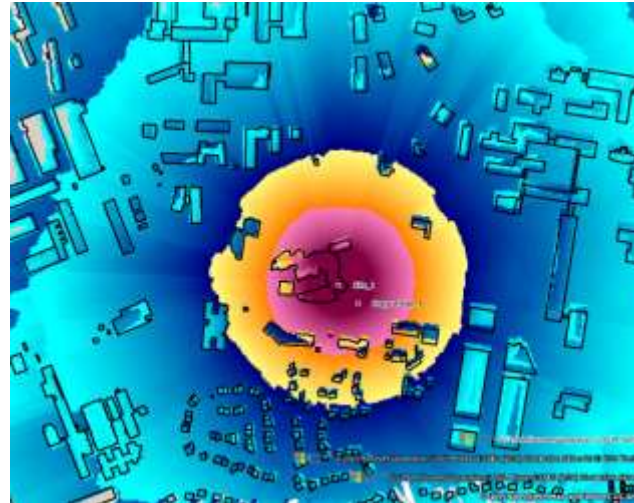
- Utilisation de Planet d'Infovista
- Simulations pour déterminer le meilleur tilt pour l'antenne
- La majorité des paramètres sont fixés
- Variation du tilt de 0 à 9°

Simulations de couverture

Antenne à
proximité du
bâtiment



Antenne
omnidirectionnelle
sur le toit



- Limites du logiciel
- Cas particulier indoor/outdoor
- Gestion des plafonds par le logiciel
- Indications pour l'installation
- Etude de couverture réel pour confirmer

Préparation au déploiement

Logiciel Amarisoft : Réseau 4G ou 5G dans une boîte !

- ▶ Facilité de déploiement
- ▶ Logiciel propriétaire
- ▶ Coût de licence financé par plusieurs projets



Matériel Rapid Space

- ▶ Compact et possibilité d'installation extérieure
- ▶ Alimentation par Ethernet (PoE)

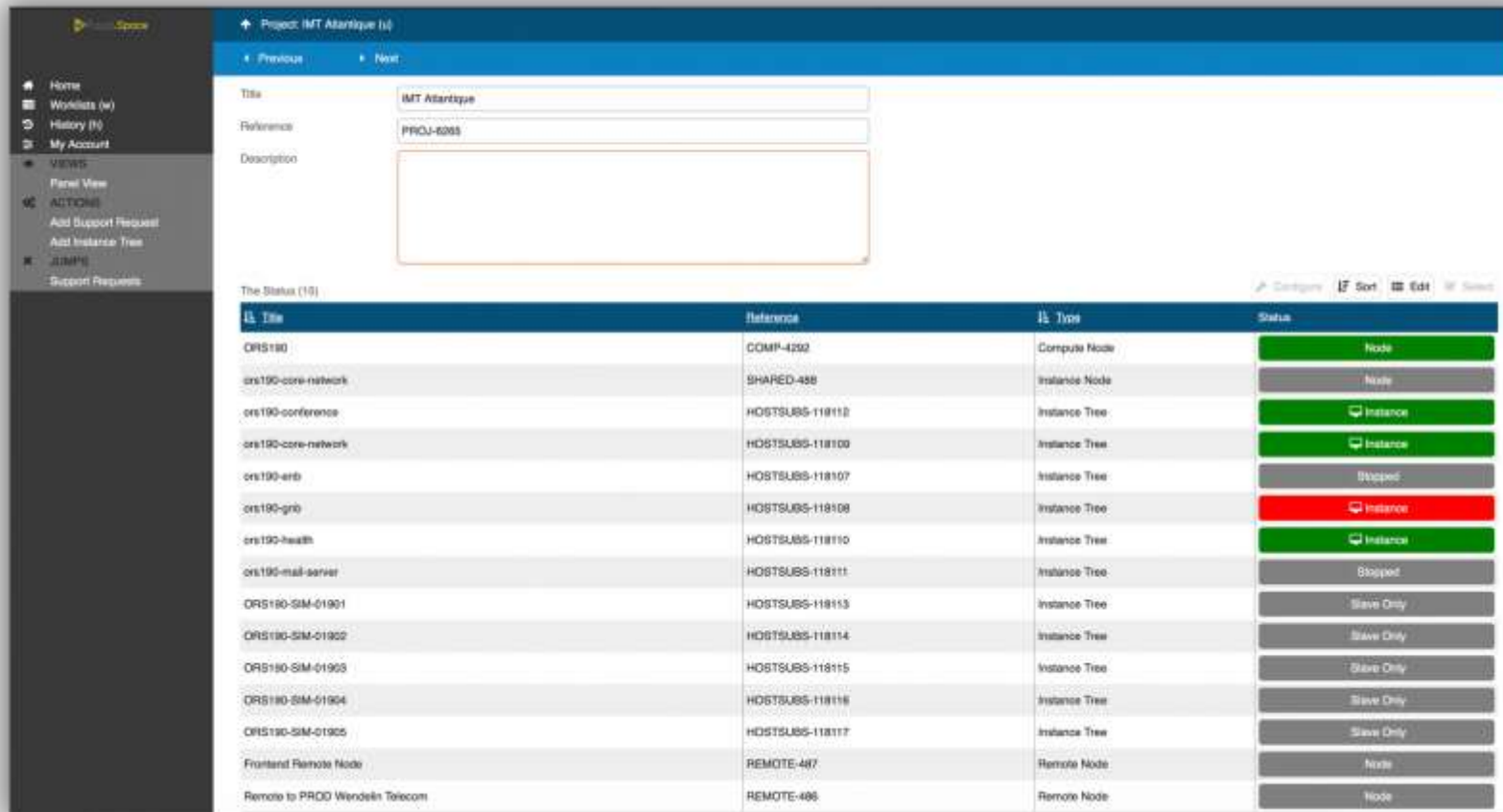


Travail des étudiants

- ▶ Prise en main du logiciel à travers des manipulations en labo avec des équipements de simulation.
- ▶ Réalisation de documentation et réflexion sur la configuration
- ▶ Travail préparatoire avant la réception de l'antenne



Préparation au déploiement



rapid.space (panel)

- Plateforme cloud
- Gestion simplifiée d'Amarisoft
- Configuration amarisoft avec un GUI
- Management à distance du cœur de réseau et antenne

Préparation au déploiement



Lot de cartes SIM
programmables



Lot de smartphone
de test



Logiciel pySim

Préparation du déploiement : Gestion des fichiers de journalisation

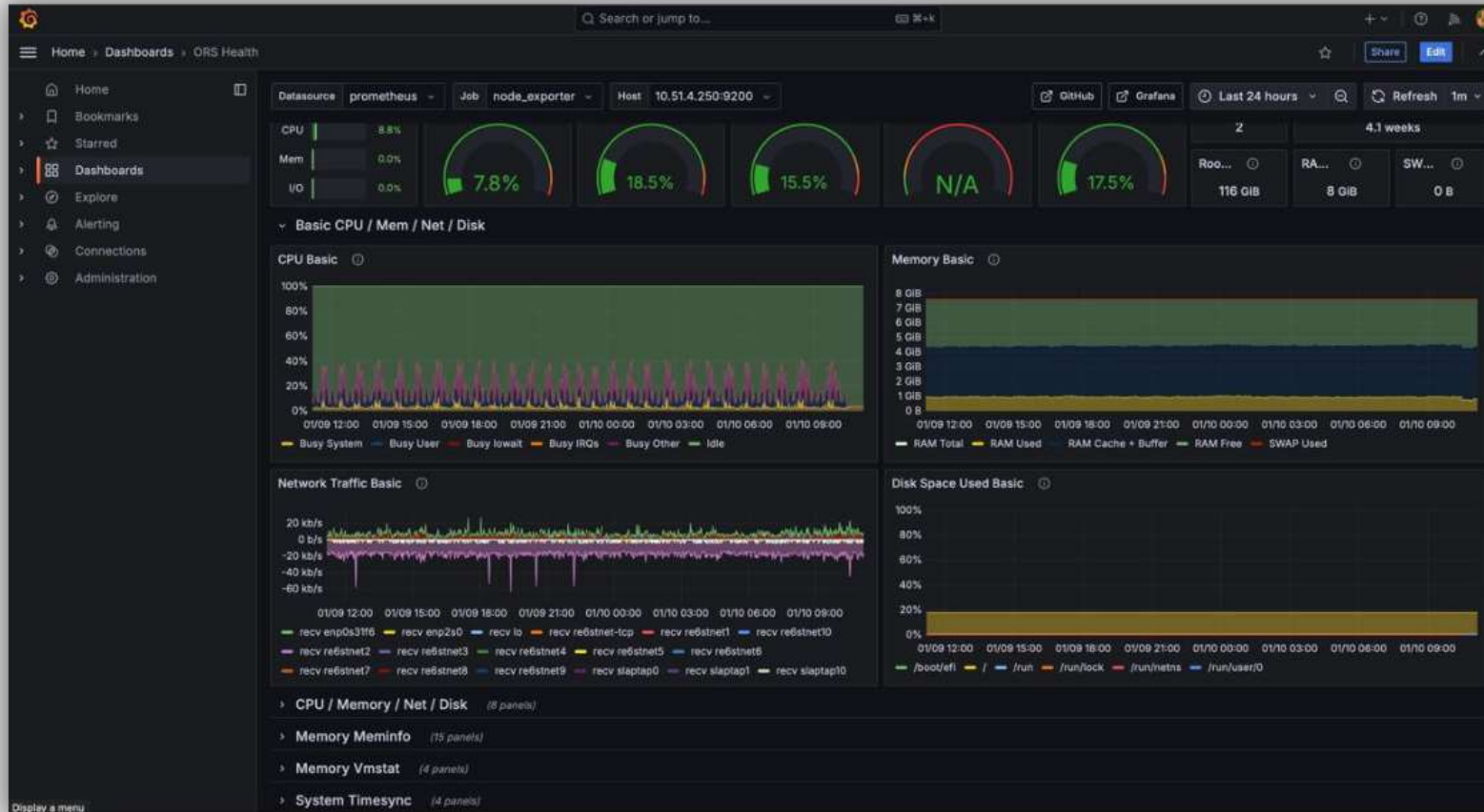


Mise en place d'une plateforme
récupérant les métriques et logs

de l'ORS

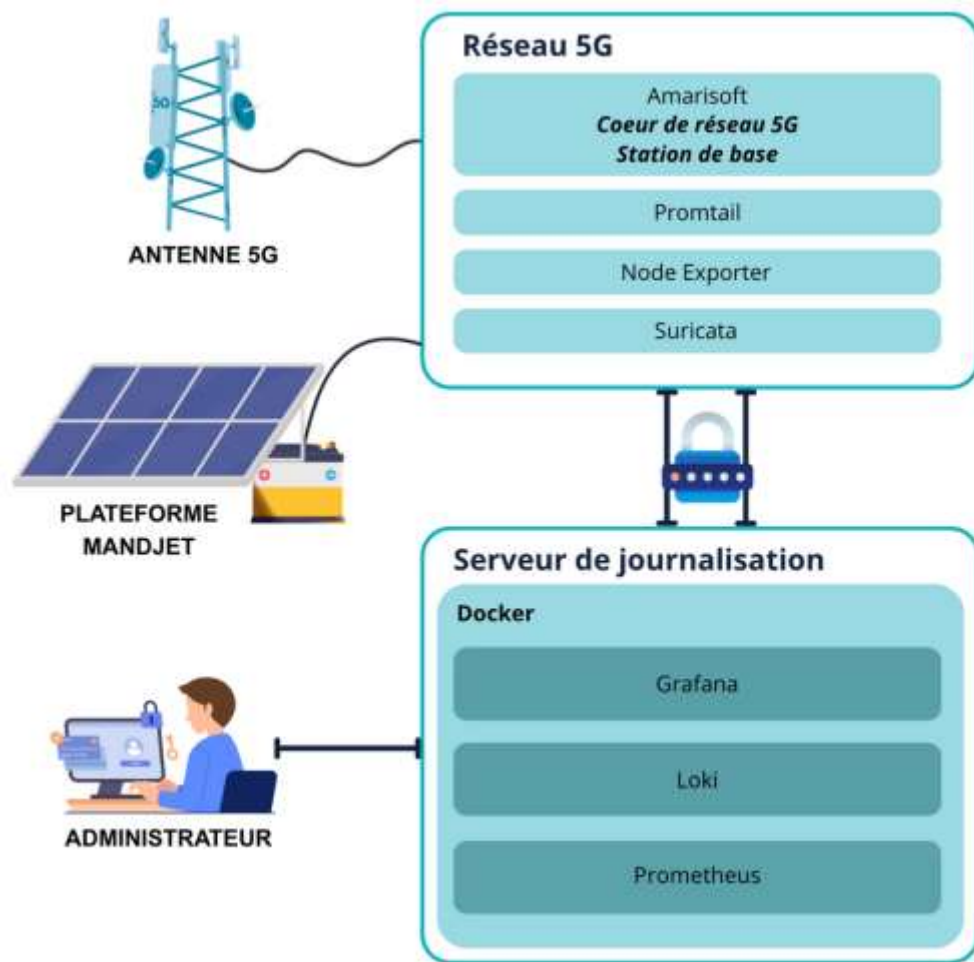


Affichage des métriques



sources: [wikipedia.fr](https://fr.wikipedia.org/wiki/Docker), [docker.com](https://www.docker.com/), grafana.com

Préparation du déploiement : Gestion des fichiers de journalisation



- Récupération de métriques avec Prometheus
- Récupération de fichiers de journalisation avec Grafana Loki
- Sécurisation des données avec TLS avec certificats

sources: wikipedia.fr, docker.com, prometheus.io, grafana.com

Conformité légale et juridique

Charte d'utilisation du service Mandjet Telecom IMT Atlantique Bretagne Pays de la Loire	
Table des matières	
1 - Préambule	2
2 - Champ d'application	2
Périmètre d'application	2
Personnes concernées	2
3 - Droits et obligations des usagers	2
4 - Administration du service Mandjet Telecom	2
Gestion des cartes SIMs	3
5 - Règles générales d'utilisation	3
Utilisation raisonnée	3
6 - Règles particulières d'utilisation	3
7 - Mesures de précaution - Sanctions	3
8 - Annexes	4
Formulaire de demande papier	4

- Licence Arcep : WeAccess dans le cadre du CMA IMTFor5G+
- Accord installation élément extérieur par ville de Cesson-Sévigné :
 - Service logistique Campus de Rennes, Vincent Guillo
- Interconnexion des réseaux avec le service informatique IMT Atlantique:
 - Complément du règlement intérieur
 - Annexe de la charte d'utilisation des ressources informatiques
 - Gestion et traçabilité des utilisateurs internes et externes
 - Stockage des journaux pour une période d'un an
 - Sanctions en cas de non-respect des règles
- Obligation en tant que fournisseur:
 - Informer les utilisateurs de leur droits et obligations
 - Gestion des cartes SIMs et des données personnelles

Conformité légale et juridique : création de la marque Mandjet Télécom

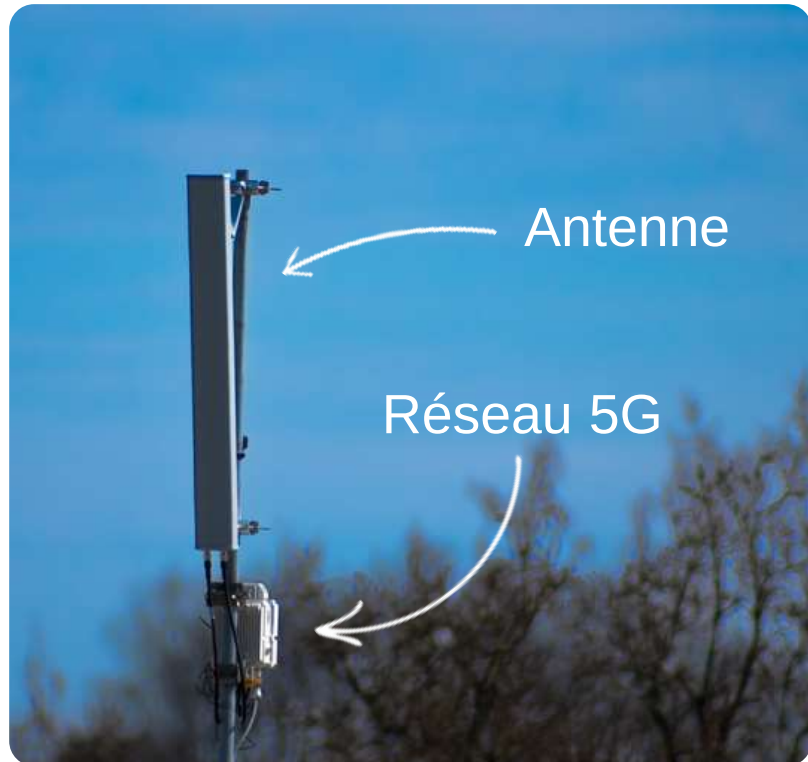
	Marque	Dépôt	N° de la marque	Déposants	Statut	Produits et services	Origine	
1		08/07/2008	986442	GROUPE DES ECOLES DE...		16, 41, 42	WO	    
2		10/01/2008	3548305	GROUPE DES Marque ECOLES DE... expirée		16, 41, 42	FR	    



	Dénomination / Nom	Début d'activité	SIREN	Représentants	Forme juridique	Nature de l'entreprise	Etablissements	
1	BRETAGNE TELECOM	02/10/2000	432 939 825	ABDELJALIL EL BAROUD	SARL, Société à responsabilité...			    
							APE : 524Z	
2	BRETAGNE TELECOM	01/07/2005	483 400 628	FABRICE PIAUD	SAS, société par actions...	Commerciale	Ile-et-Vilaine (35)	    
	prestations téléphoniques et de télécommunications à l'exclusion de l'activité de dégroupag...						APE : 6110Z	

Résultat

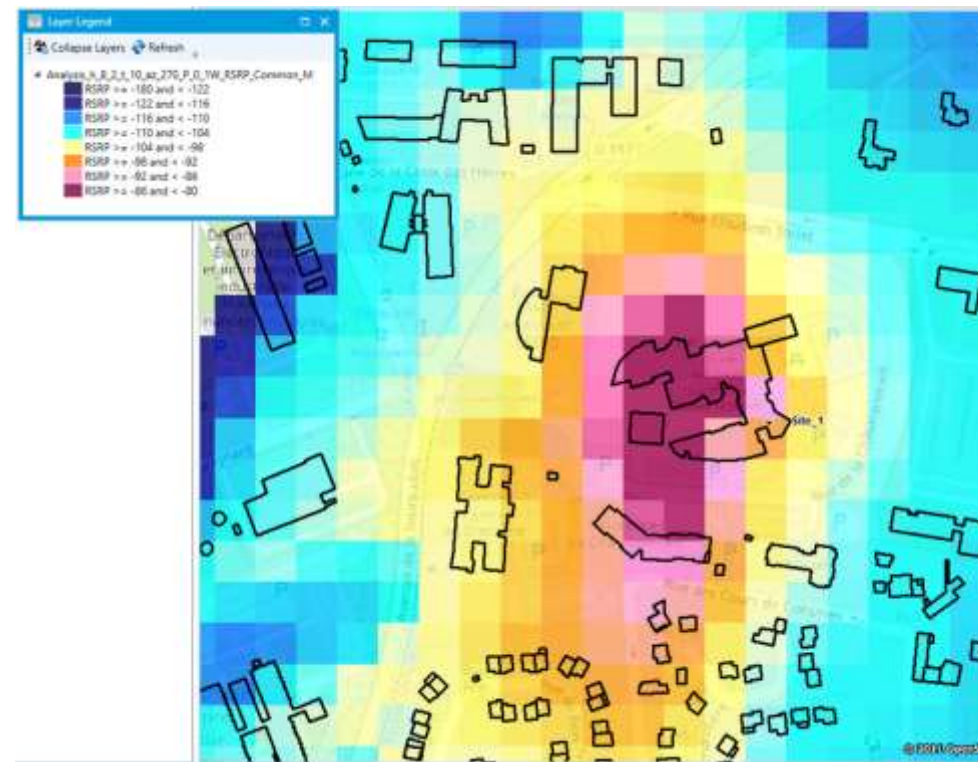
Un réseau qui fonctionne !



Mais...

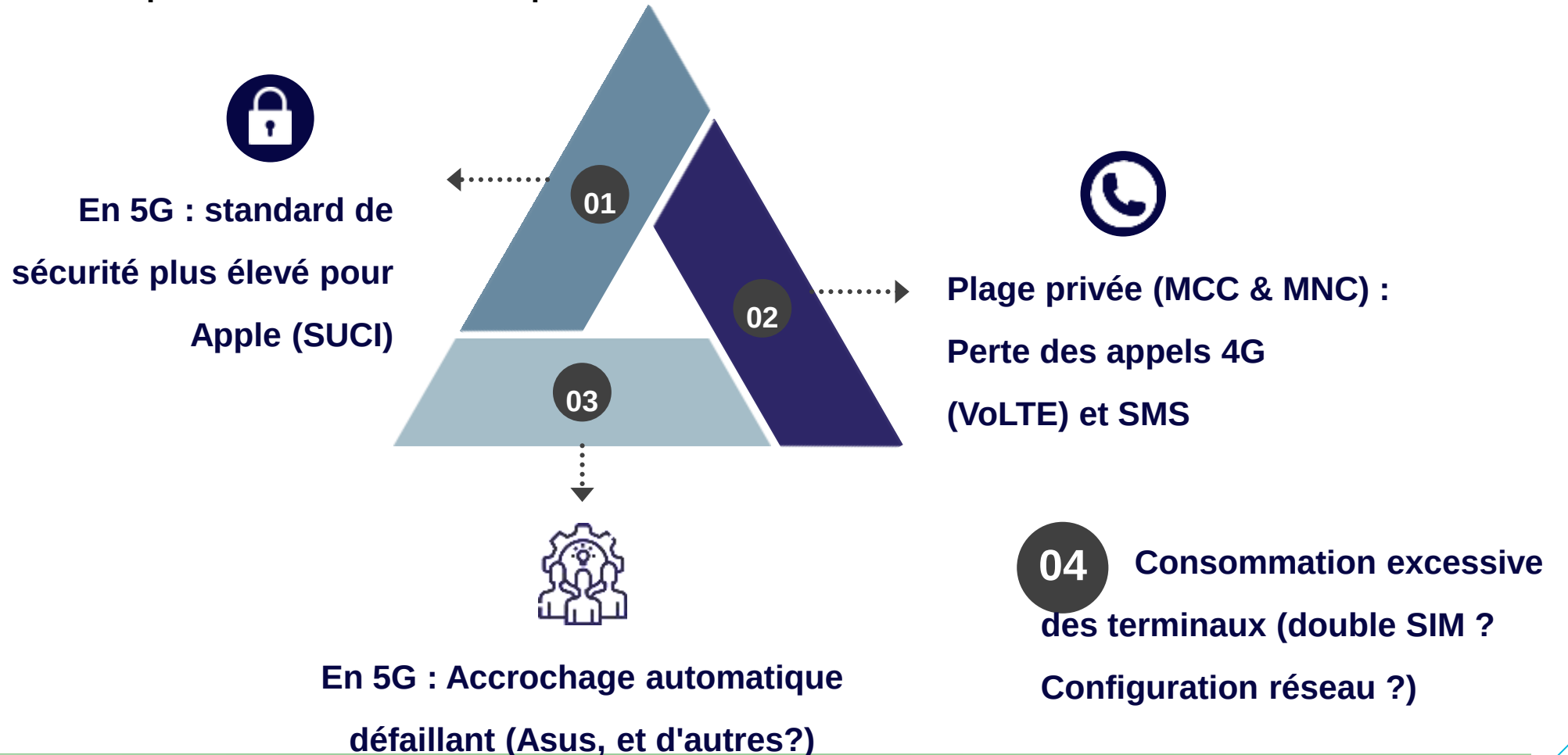


60 Mbit/s



Difficultés techniques

Difficultés techniques rencontrées par étudiants



Limites de l'expérimentation

Une couverture insuffisante

- ▶ Obligation d'absence d'émission significative hors du campus
- ▶ Difficulté à positionner l'antenne à l'emplacement idéal
- ▶ Pas d'outil de planification adaptée disponible à IMT Atlantique
 - Modèle 3D de bâtiment
 - Modèle de propagation prenant en compte l'intérieur des bâtiments

Un trafic faible... voire très faible

- ▶ Consommation excessive des terminaux
- ▶ Difficulté à connecter les terminaux : pas de vraie solution MTC disponible en 5G

Pas de réseau en cas de grand froid : désactivation Mandjet !

Conclusion générale et perspective

■ Une très belle réalisation de l'équipe d'étudiants apprentis d'IMT Atlantique !

- ▶ Approche systémique et non purement technique
 - Respect des contraintes de l'Arcep
 - Importance de la gestion des cartes SIM
- ▶ (Quasiment) toutes les phases d'un projet jusqu'à la mise en service

■ Perspectives

- ▶ Optimisation du paramétrage réseau
- ▶ Amélioration de la couverture par installation de RIS (Reconfigurable Intelligent Surface) ?
- ▶ Susciter de la charge ! Connexion d'objets ? Substitut au WiFi ?
 - Analyse de la consommation d'énergie
 - Collecte de traces
 - Modèles de trafic
- ▶ Mise en place du SUCI (identité camouflée utilisant crypto asymétrique)
- ▶ Mise en place d'une solution ouverte :
 - OpenAir Interface
 - SRS RAN



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



MERCI

Retrouvez le CMA

<https://imtfor5g.wp.imt.fr/>

Xavier Lagrange

Xavier.lagrange@imt-atlantique.fr