



ISC-RS-3

Conception et exploitation de
réseaux

Partie réseaux mobiles

Sanne STIJVE

Agenda

Cours

1. Introduction aux réseaux mobiles
2. Différents standards de réseaux mobiles
3. Architecture des réseaux LTE & 5G
4. Déploiement et exploitation de réseaux mobiles
5. Dimensionnement et planification cellulaire

2, 9 et 16 décembre 2025, 6, 13 et 20 janvier 2026

Travaux Pratiques

- Déploiement LoRaWAN

5 janvier 2026

- Dimensionnement / planification cellulaire

19 janvier 2026



Introduction aux réseaux mobiles

Sanne STIJVE

Définition : qu'est-ce qu'un réseau mobile ?

Un réseau mobile est un système de télécommunications dans lequel la liaison vers et depuis les nœuds finaux est effectuée par voie hertzienne.

Ce réseau permet à des appareils de communiquer en même temps tout en étant potentiellement en mouvement.

La gestion du spectre (des fréquences) est donc primordiale

Questions ?

1. Quels sont les éléments typiques d'un réseau mobile ?
2. Quels normes & standards existent pour les réseaux mobiles ?
3. Qui, en Suisse, possède ou gère un/des réseau(x) mobile(s) ?
4. Qui sont les « acteurs » impliqués dans les réseaux mobiles ?
5. Quelles exigences techniques (« technical requirements ») peuvent s'appliquer aux réseaux mobiles ?



Les bases de la radio

Quelle est la couverture d'un émetteur ?

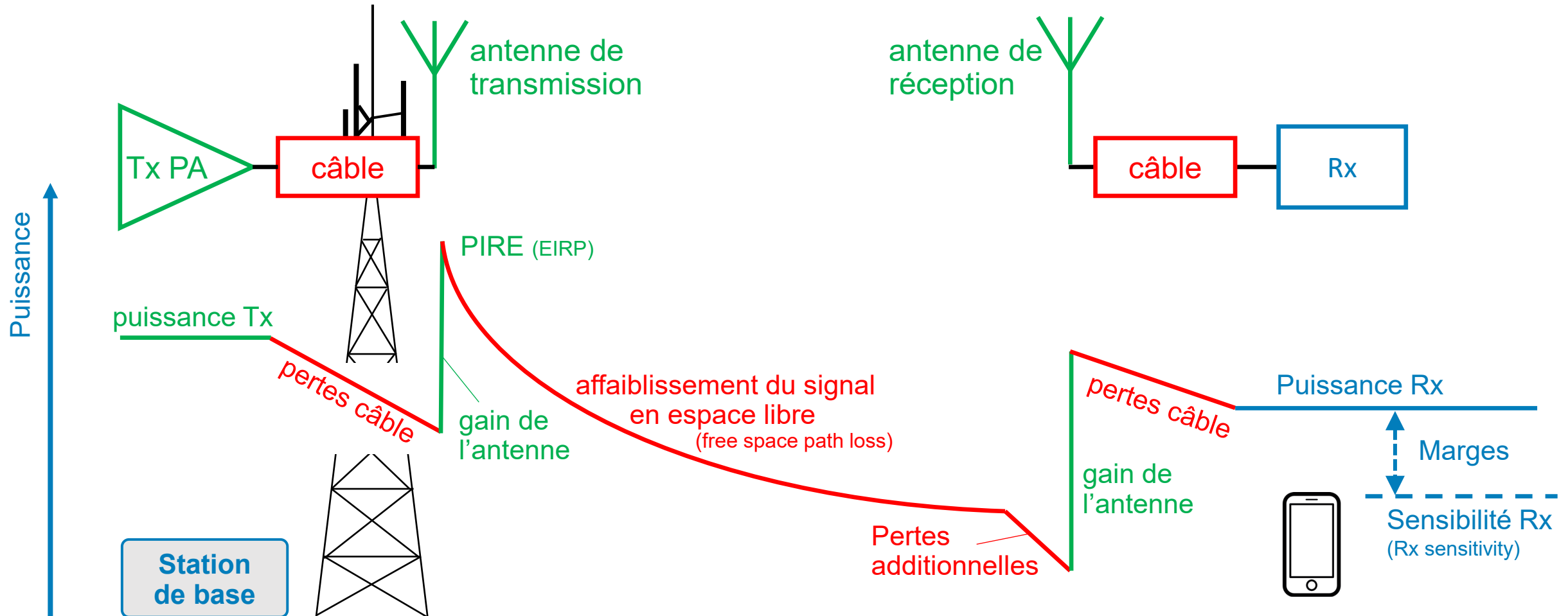


Bilan de liaison

Calcul du lien descendant (downlink)

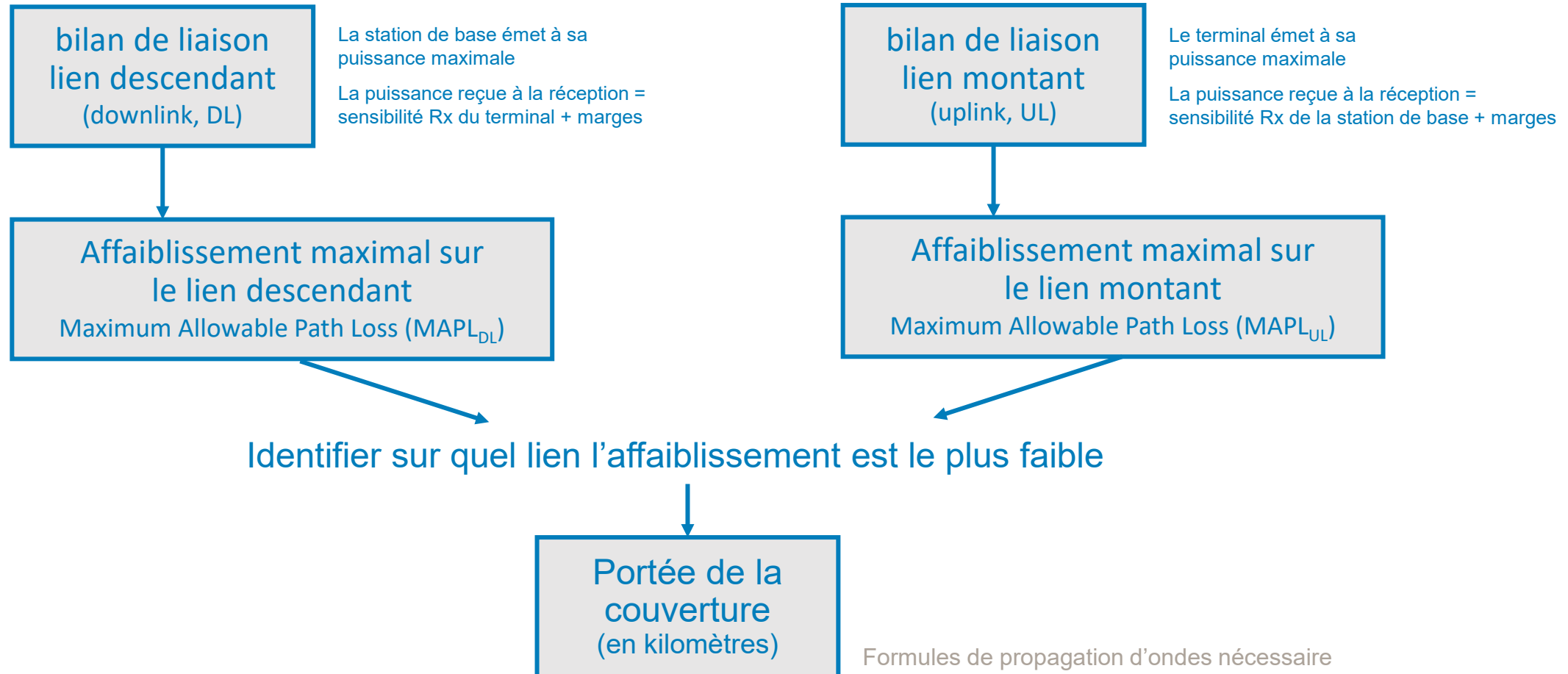
Tx : transmission
Rx : réception
PA : Power Amplifier

PIRE : Puissance Isotrope Rayonnée Équivalente
EIRP : Effective Isotropic Radiated Power



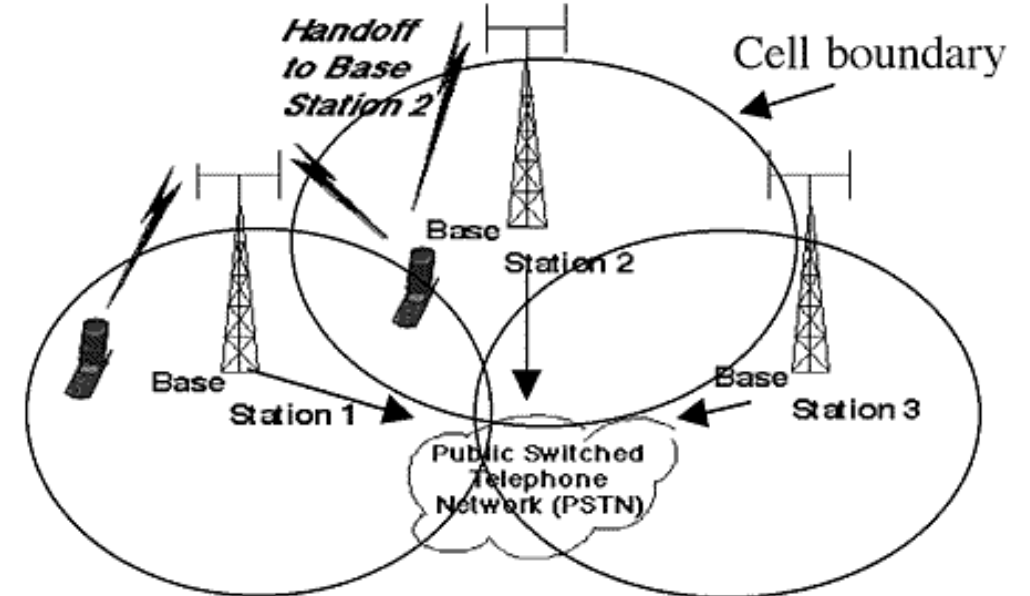
Note : si les puissances sont exprimées en décibels (dB), ces calculs ne sont que des additions et des soustractions

Bilan de liaison

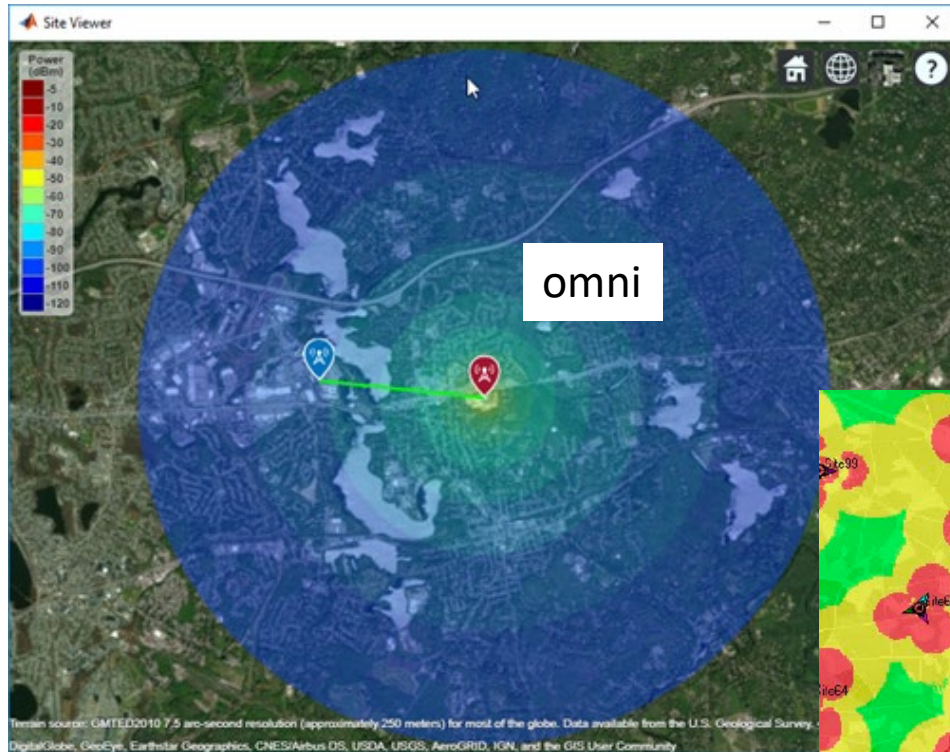


Cellular Network

- Base stations transmit to and receive from mobiles at the assigned spectrum
 - Multiple base stations use the same spectrum (spectral reuse)
- The service area of each base station is called a cell
- Each mobile terminal is typically served by the 'closest' base stations
 - Handoff (or handover) when terminals move



Coverage



<https://ch.mathworks.com/help/antenna/gs/rf-propagation-and-visualization.html>

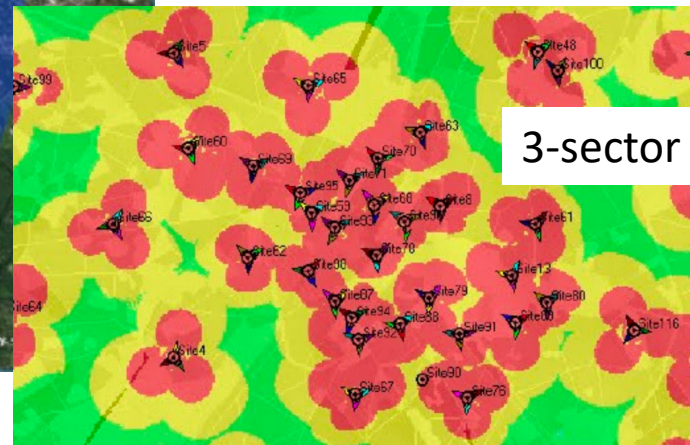
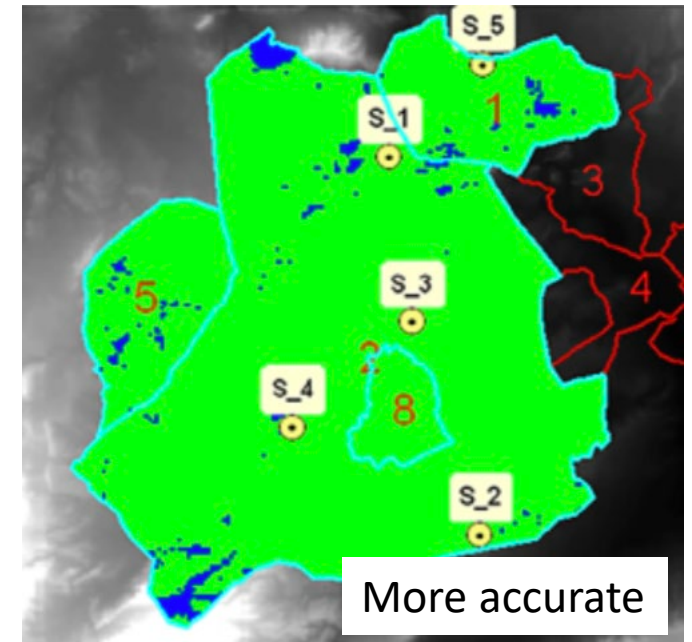


Figure 1: Sites Coverage by Signal Strength

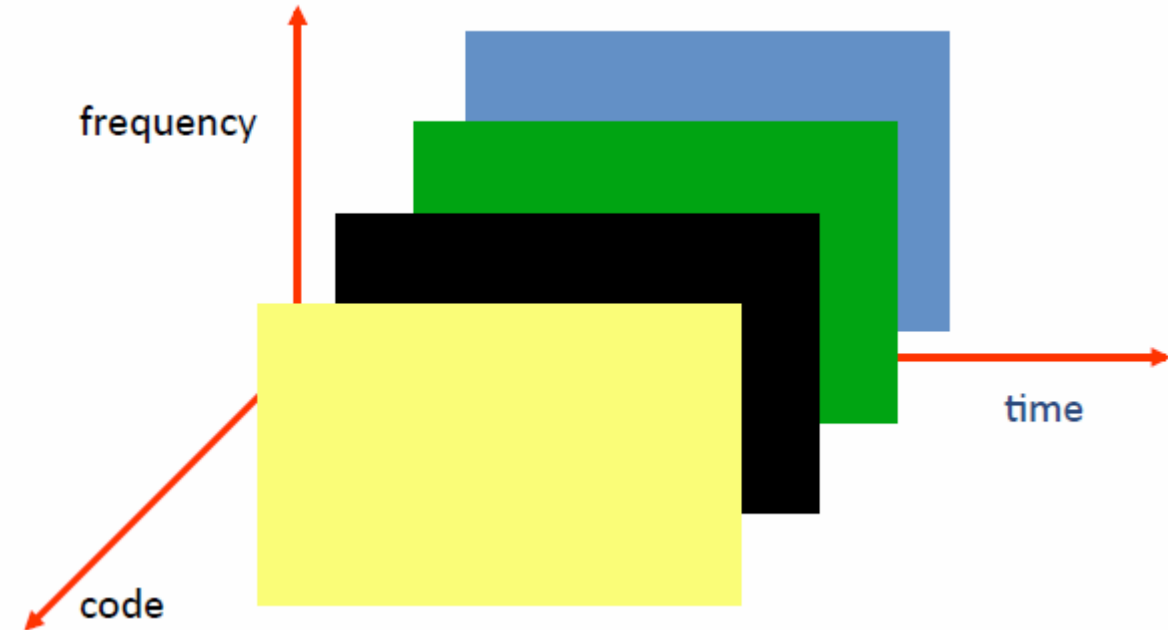
<https://sites.google.com/site/lteencyclopedia/lte-radio-link-budgeting-and-rf-planning/lte-rf-planning>



<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/cae.22052>

The Multiple Access Problem

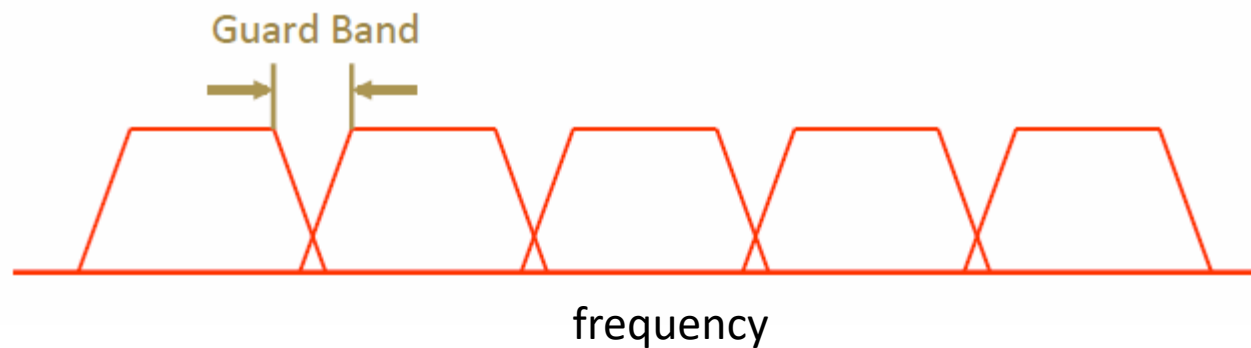
- The base stations need to serve many mobile terminals at the same time (both downlink and uplink)
- All mobiles in the cell need to transmit to the base station
- Interference among different senders and receivers
- So we need multiple access scheme



3 orthogonal Schemes:

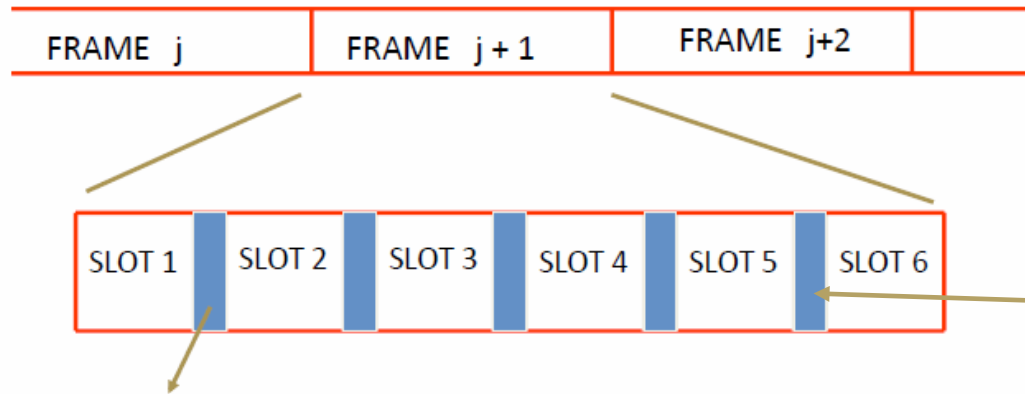
- Frequency Division Multiple Access (FDMA)
- Time Division Multiple Access (TDMA)
- Code Division Multiple Access (CDMA)

Frequency Division Multiple Access



- Each mobile is assigned a separate frequency channel for a call
- Guard band is required to prevent adjacent channel interference
- Usually, one downlink band and one uplink band
- Different cellular network protocols use different frequencies
- Frequency is precious and scarce

Time Division Multiple Access

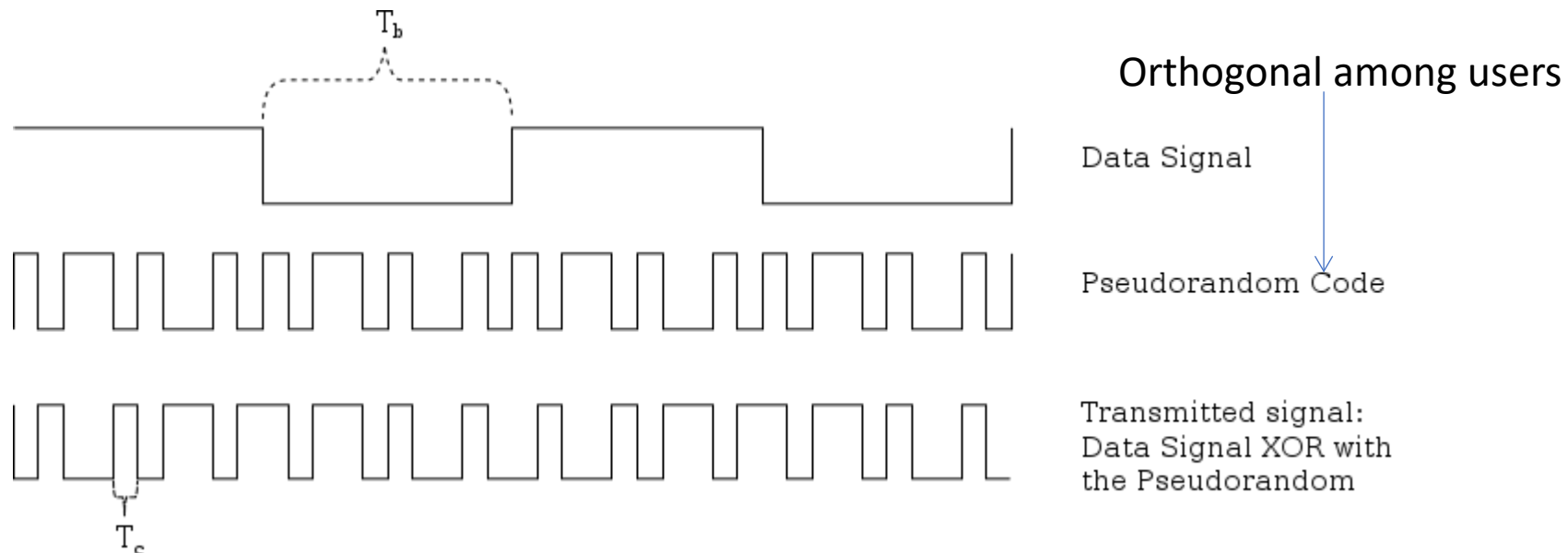


Guard time – signal transmitted by mobile terminals at different locations do not arrive at the base station at the same time

- Time is divided into slots and only one mobile terminal transmits during each slot
 - Like during the lecture, only one can talk, but others may take the floor in turn
- Each user is given a specific slot. No competition in cellular network
 - Unlike Carrier Sensing Multiple Access (CSMA) in WiFi

Code Division Multiple Access

- Use of orthogonal codes to separate different transmissions
- Each symbol of bit is transmitted as a larger number of bits using the user specific code – Spreading
 - Bandwidth occupied by the signal is much larger than the information transmission rate
 - But all users use the same frequency band together



Standardization and 3GPP standards

Standardization is the process of agreeing on technical standards

- A standard is a document that establishes uniform engineering or technical specifications, criteria, methods, processes, or practices...

Two kinds of standards: **de jure** et **de facto**

- Also: proprietary standards, open-source...

Standardization – Why do we do it?

- To **achieve interoperability** of services and equipment, to make equipment from different vendors work together.
- To achieve economies of scale, e.g. having **one global standard** for wireless mobile access in order to decrease the prices of mobile terminals.



3GPP Standards

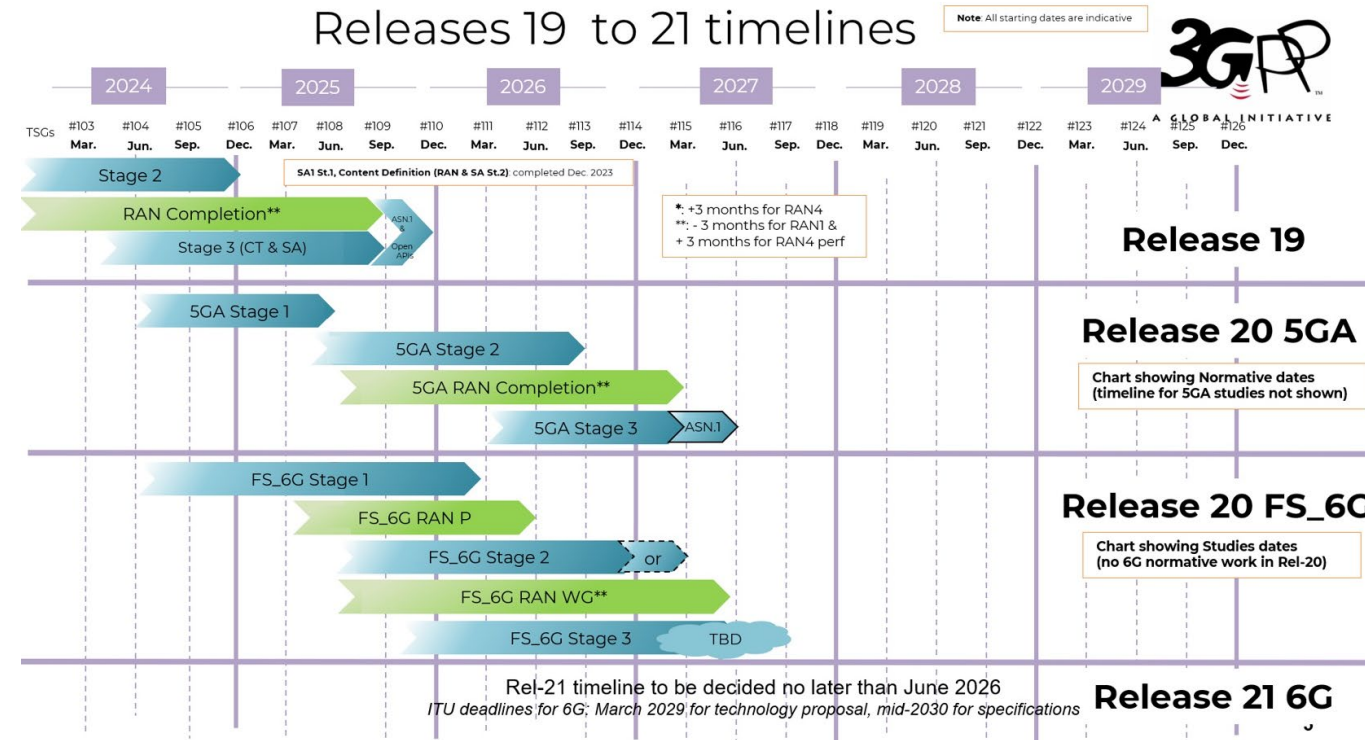
3GPP uses a system of parallel "Releases"

- Providing developers with a stable platform for the implementation of features at a given point
- Allowing addition of new functionality in subsequent Releases

Normally there is a Study phase followed by a Specification phase

- **Study phase** to conclude on feasibility and by that identify possible solutions
 - TR, Technical Reports (informative)
- **Specification phase** to specify the feature into a final specification including all aspects
 - TS, Technical Specification (normative)

Releases 19 to 21 timelines



FS = Feasibility Study (the output of an FS is usually a TR)

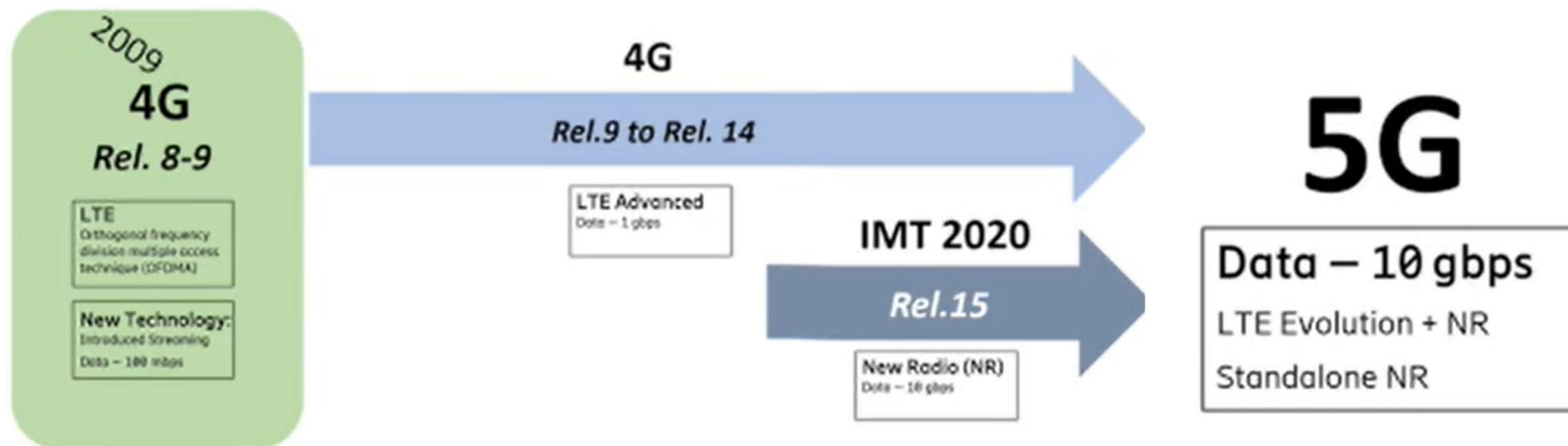
3GPP web site: <http://www.3gpp.org>

3GPP specifications: <https://www.3gpp.org/specifications/specifications>

3GPP Standards



3GPP Standards



Quelles sont les bandes de fréquences pour la 4G / LTE et la 5G / 5G-NR ?

- LTE → 3GPP TS 36.101

https://en.wikipedia.org/wiki/LTE_frequency_bands

- 5G-NR → 3GPP TS 38.101

https://en.wikipedia.org/wiki/5G_NR_frequency_bands

En Suisse, qui occupe quelle fréquence ? (en général, pas seulement 4G / LTE et 5G / 5G-NR)

Document de référence:

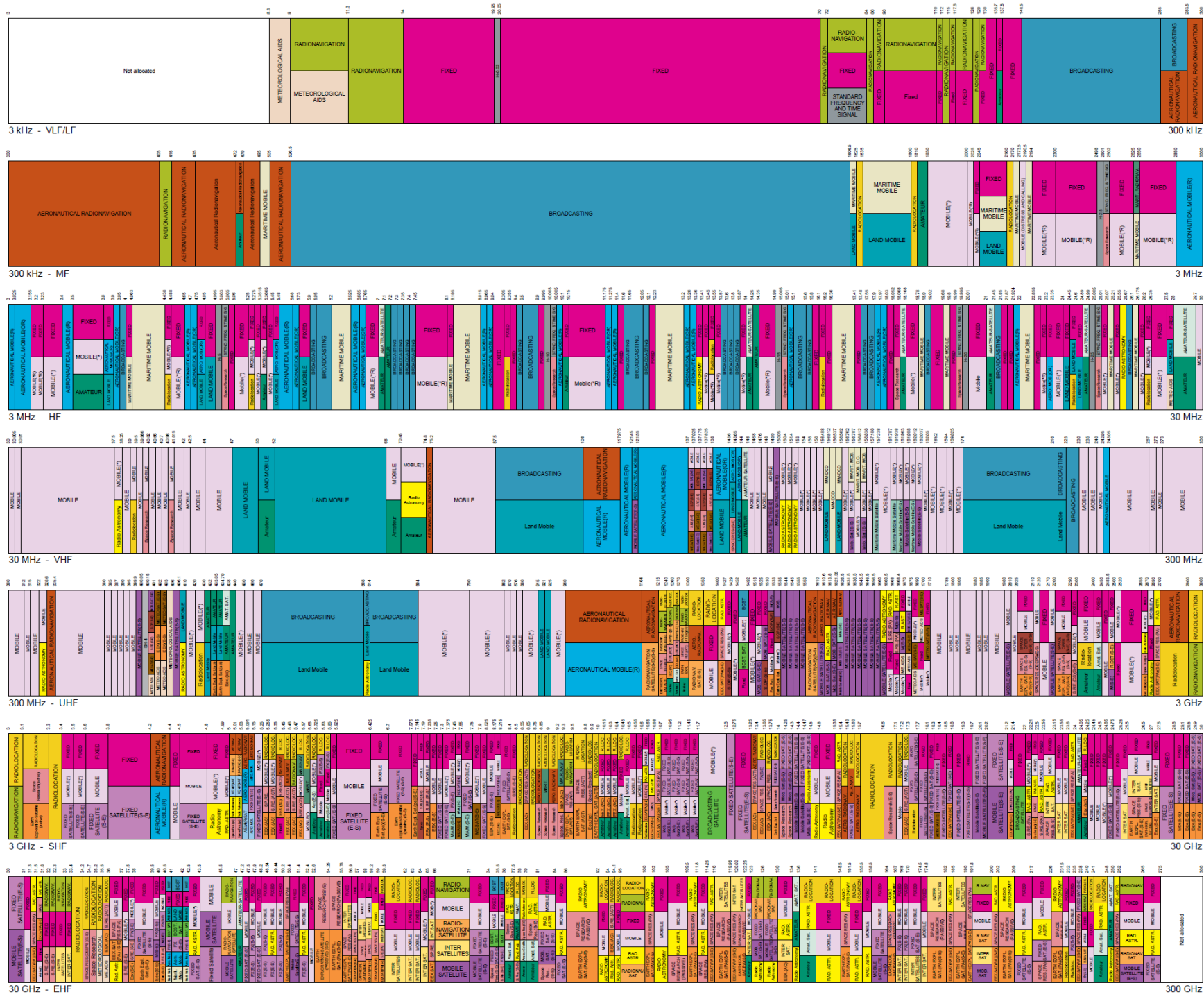
Plan national d'attribution des fréquences, PNAF (Nationale Frequenzzuweisungsplan, NaFZ)

Sous la responsabilité de **l'Office fédéral de la Communication, OFCOM** (Bundesamt für Kommunikation, BAKOM)

<https://www.bakom.admin.ch/bakom/fr/page-daccueil/frequences-et-antennes/plan-national-d-attribution-des-frequences.html>

En ligne: <https://www.ofcomnet.ch/#/fatTable>

Le PNAF représenté de façon graphique



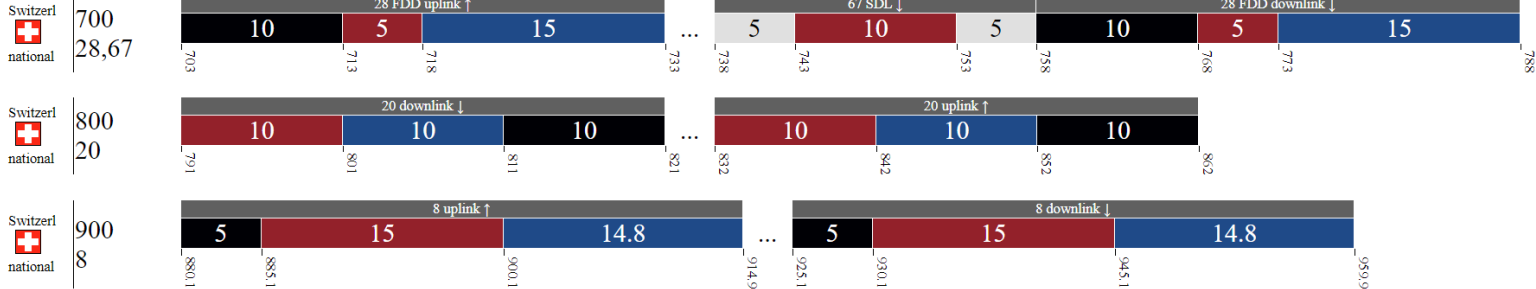
Le PNAF représenté de façon graphique (légendes)

RADIO SERVICES COLOR LEGEND

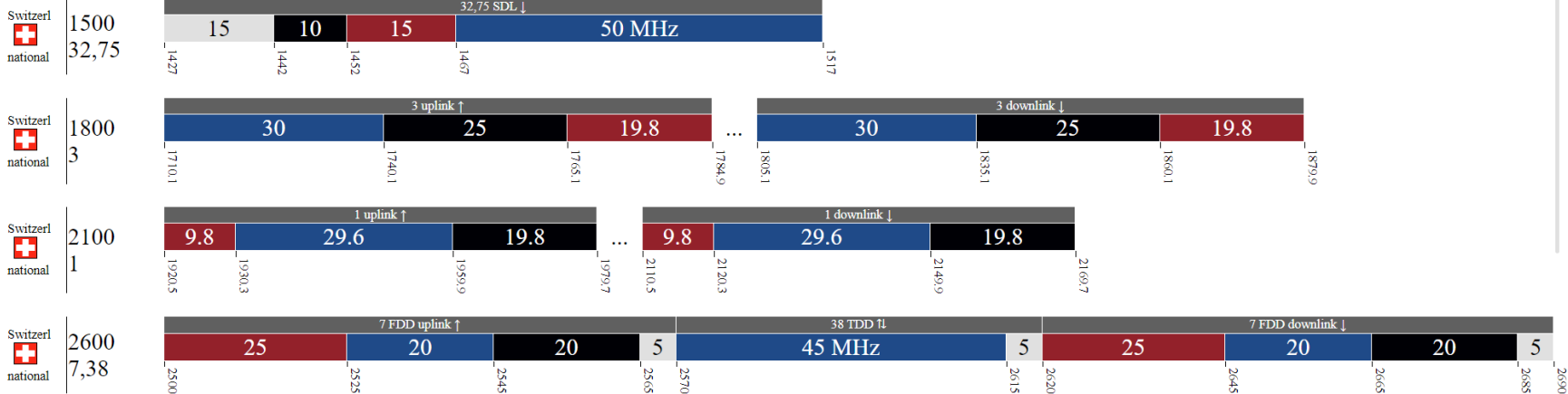
	AERONAUTICAL MOBILE		LAND MOBILE		RADIODETERMINATION
	AERONAUTICAL MOBILE SATELLITE		LAND MOBILE SATELLITE		RADIODETERMINATION SATELLITE
	AERONAUTICAL RADIONAVIGATION		MARITIME MOBILE		RADIOLOCATION
	AMATEUR		MARITIME MOBILE SATELLITE		RADIOLOCATION SATELLITE
	AMATEUR SATELLITE		MARITIME RADIONAVIGATION		RADIONAVIGATION
	BROADCASTING		METEOROLOGICAL AIDS		RADIONAVIGATION SATELLITE
	BROADCASTING SATELLITE		METEOROLOGICAL SATELLITE		SPACE OPERATION
	EARTH EXPLORATION SATELLITE		MOBILE		SPACE RESEARCH
	FIXED		MOBILE EXCEPT AERONAUTICAL		STANDARD FREQUENCY AND TIME SIGNAL
	FIXED SATELLITE		MOBILE SATELLITE		STANDARD FREQUENCY AND TIME SIGNAL SATELLITE
	INTER-SATELLITE		RADIO ASTRONOMY		

Quelles fréquences sont allouées aux opérateurs de téléphonie mobile suisses ?

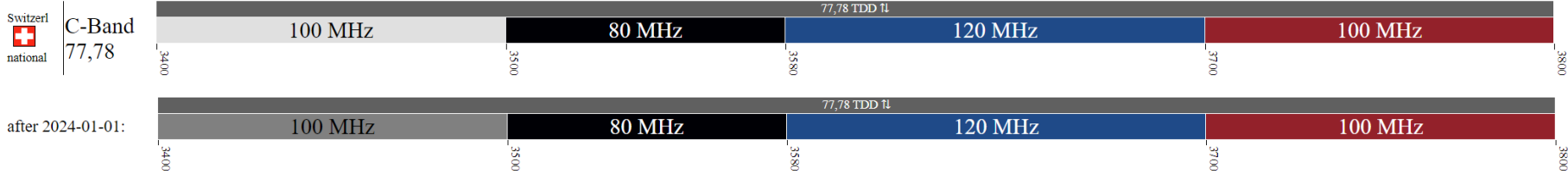
(FR1) sub GHz bands, source: www.spectrummonitoring.com



(FR1) 1-3 GHz bands, source: www.spectrummonitoring.com



(FR1) 3-7 GHz bands, source: www.spectrummonitoring.com



X Salt

X Sunrise

X Swisscom

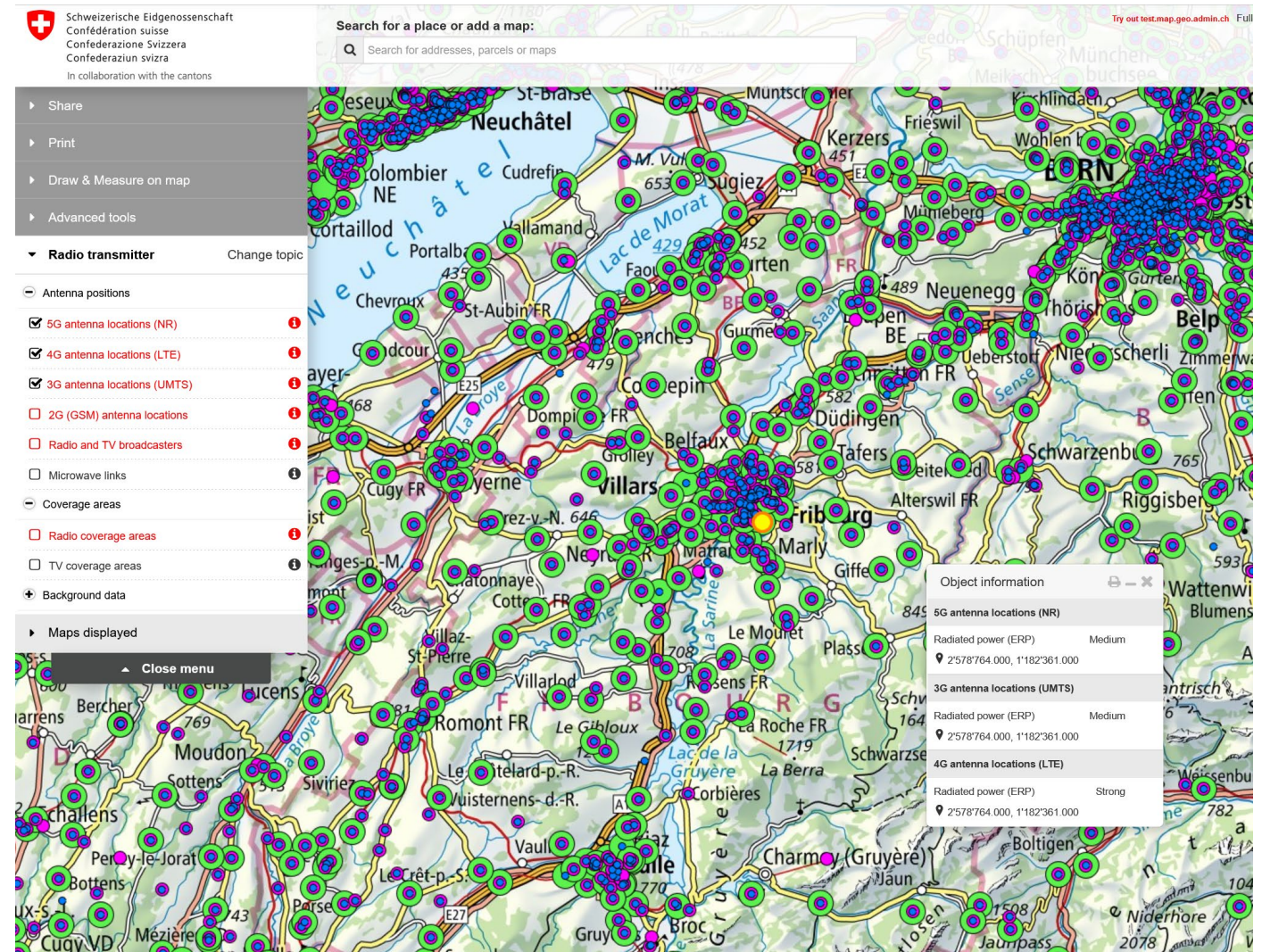
not allocated

private networks

Où sont les stations de base (“antennes”) des opérateurs de téléphonie mobile suisses ?

Informations disponibles sur ce site de la confédération et des cantons :

<http://map.geo.admin.ch/?topic=funksender>



Préparation pour un futur exercice

Quel modèle de smartphone avez-vous ?

Chercher sa fiche technique (data sheet) :
que pouvez-vous en apprendre?

Chez quel opérateur êtes-vous ?

Sur quel réseau êtes-vous ?

Disposez-vous d'un abonnement avec
données illimitées en Suisse ?



Swisscom







2G/3G/4G

WIFI

CELL HISTORY

ECI : 18404353

eNBI : 71892

TAC : 202

PCI : 0

CLID : 1

TYPE : LTE

NET : 22801

RSSI : -319dBm

SNR : 0.6

RSRP : -103

RSRQ : -7

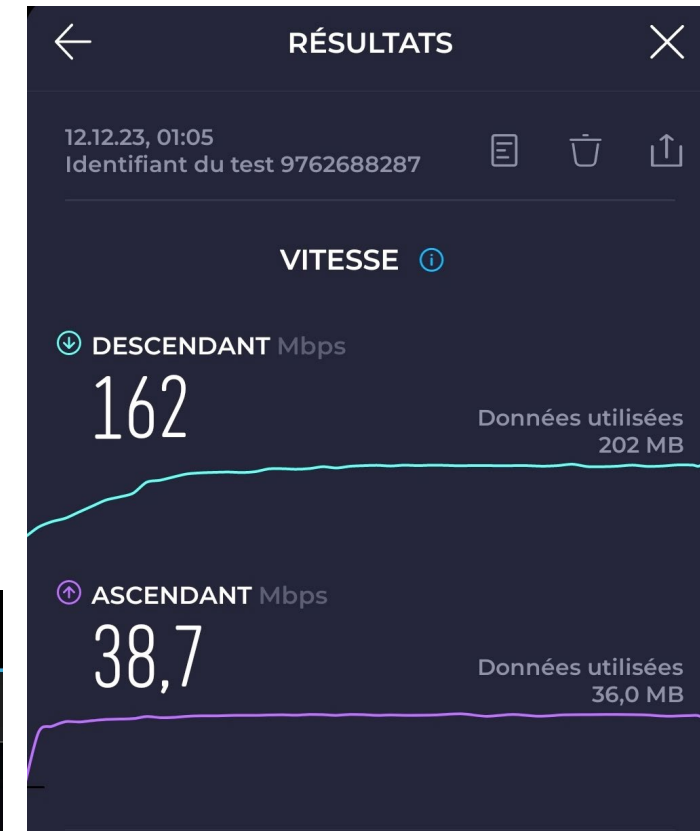
BW : 88

DIST : ?m

BEAR : ?°

0 Neighbour cells detected:

No.	CID/PSC	LAC/TAC	RXL
0.	18404353	202	-103



Capture d'écran: Speedtest App sur Android

C'était:

**Conception et exploitation de réseaux
Partie réseaux mobiles**

Introduction aux réseaux mobiles