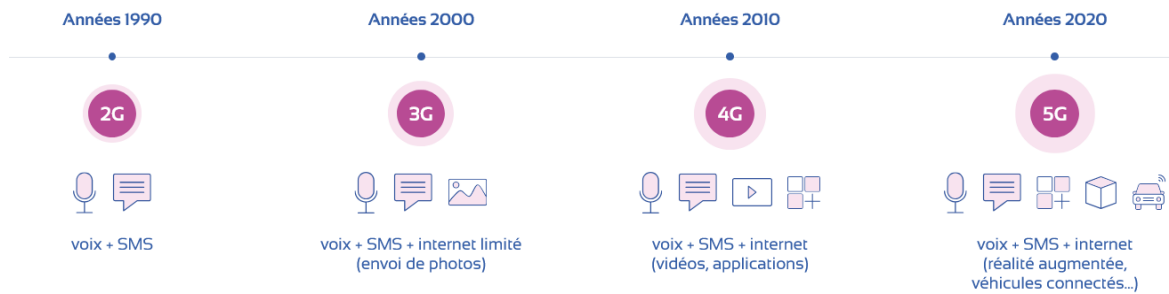
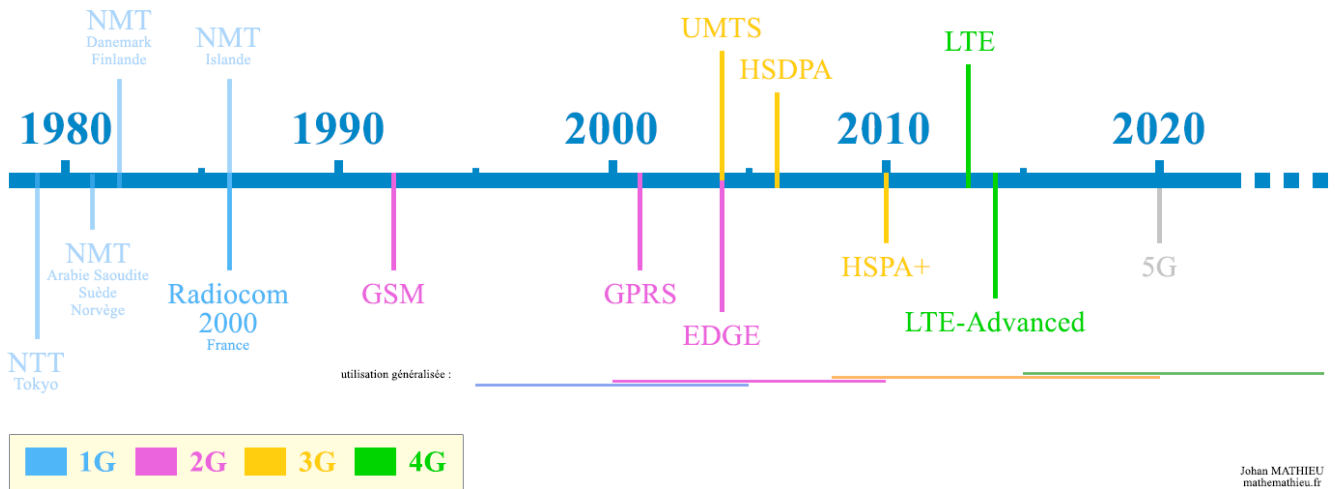


DE LA 1G À LA 4G

APPARITION DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DE TÉLÉPHONIE MOBILE EN FRANCE



Complément (facultatif) : pour voir l'évolution de quelques téléphones mobiles, voir practicallynetworked.com

Depuis 1976, différentes normes ont été utilisées pour la téléphonie mobile. En voici quelques-unes françaises, de la première génération (1G) à la cinquième (5G).



- **1G** : normes de télécommunications analogiques introduites dans les **années 1980**.

→ **Réseau NTT** : premier réseau cellulaire automatisé commercial, lancé à Tokyo par Nippon Telegraph and Telephone en **1979**. En cinq ans, il couvre l'ensemble de la population du Japon.

→ **Réseau NMT**¹ : premier réseau de téléphonie mobile à proposer l'itinérance internationale. Lancé en Arabie Saoudite², puis en Suède et Norvège en **1981**. Étendu au Danemark et la Finlande en **1982**, puis à l'Islande en **1986**. En 1985, le nombre d'abonnés est de 110 000 en Scandinavie : le plus grand réseau mobile au monde à cette époque !

→ **Radiocom 2000** : déployée en France par France Télécom à partir de **1986**.

Utilise la technologie numérique pour la signalisation (gestion des appels et des connexions) la modulation analogique pour la voix.

véhicule Peugeot équipé d'un Radiocom 2000



En 1988, le réseau Radiocom 2000 compte jusqu'à 60 000 abonnés et plus de 90 % des appareils sont installés à bord de véhicules. Son utilisation est avant tout professionnelle et on est très loin d'un phénomène de masse.

Bande de fréquence utilisée : autour des **400 MHz** (fréquences attribuées dynamiquement en fonction des besoins).

1 Nordic Mobile Telephone

2 Assez curieux pour une norme portant le nom Nordic !

- **2G** : la principale différence entre la 1G et la 2G concerne les signaux radio utilisés ; en effet, les réseaux 1G sont analogiques, tandis que les réseaux 2G sont numériques. La 1G présentait de nombreux défauts : service de communication mobile médiocre, non sécuritaire (appels non cryptés) et coûteux.

→ **GSM³** : norme commercialisée en France en **1992** (opérateur Itinérés de France Télécom).

La France abandonnera la 1G au profit exclusif de la 2G à partir du 28 juillet 2000.

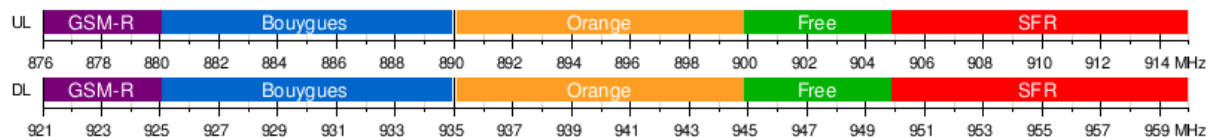
Aujourd'hui, certains (dont les Belges) appellent encore un portable « un GSM ».

En quelques années, le nombre de lignes mobiles dépassent le nombre de lignes fixes : en France, on dénombre en 2001 pas moins de 35 millions d'abonnements mobiles contre 34 millions de lignes fixes.

Débit maximum théorique de données descendantes (téléchargement) : **9,6 kb/s**.

Bande de fréquences : **900 MHz** (880-915 MHz pour l'envoi de la voix ou des données depuis le mobile et 925-960 MHz pour la réception des informations venant du réseau).

Une variante du GSM, le DCS (ou GSM 1800) utilise la bande des **1 800 MHz**. Très vite, les téléphones supportant la norme GSM pouvaient utiliser les deux bandes : 900 et 1 800. Exemple de partage des fréquences GSM 900 selon les opérateurs, depuis 2011 (arrivée de Free mobile) :



Fin de la technologie GSM en France prévue pour fin 2025 !

→ **GPRS⁴** (\approx **2001**) : norme dérivée du GSM, qui ajoute la transmission par paquets⁵ et permet un débit de données plus élevé.

Aussi qualifiée **2,5G** ou **2G+**. Considéré aujourd'hui comme excessivement lent et dépassé, c'est pourtant le premier à permettre l'échange de datas (ainsi que des SMS⁶, appels et MMS⁷). En pratique, même les simples communications ont du mal à être de qualité.

Débit maximum théorique de données descendantes (téléchargement) : **171,2 kb/s** (en pratique, environ 50 kb/s en moyenne).



→ **EDGE⁸** (\approx **2004**) : norme dérivée du GSM permettant un débit de données plus élevé.

Aussi qualifiée **2,75G** ou **2G+**. C'est la pré-3G.

Usages limités aux appels, et messages et mails sans photos...

Débit maximum théorique de données descendantes (téléchargement) : **384 kb/s** (en pratique, environ 100 kb/s en moyenne).

Bande de fréquences : identiques à celle du GPRS.

3 Global System for Mobile Communications

4 General Packet Radio Service

5 Comme le protocole TCP/IP.

6 Short Message Service : permet l'envoi de messages écrits de 160 caractères maximum.

7 Multimedia Messaging Service : service de messagerie multimédia, apparu en 2002 en France.

8 Enhanced Data rates for GSM Evolution

- **3G** : les normes 2G étaient basées essentiellement sur le service voix (oui, un téléphone servait... à téléphoner). Ce modèle disparaît avec l'avènement de la 3G qui permet l'accès au web ou le visionnage de vidéos.
Apparue vers **2004** en France⁹, la téléphonie mobile de troisième génération a été mise en place et a nécessité le déploiement d'un nouveau réseau physique.

→ **UMTS**¹⁰ : le Japon est le premier pays à l'adopter en **2002**, suivi par la Norvège.

Arrivée en France en **2004**.

En 2007, Orange France ne couvrait en 3G que 65 % de la population (fin 2009, 87 % de la population). Fin 2012, les taux de couverture 3G sont supérieurs à 98 % pour Orange et SFR et de plus de 94 % pour Bouygues Telecom.

Les abonnés sont alors en mesure de surfer sur le web, d'accéder à leur emails, d'envoyer des photos et des vidéos, grâce à un débit convenable.

Débit maximum théorique de données descendantes (téléchargement) : **1,920 Mb/s** (en pratique, environ 384 kb/s en moyenne pour une utilisation piétonne, et 144 kb/s pour une utilisation mobile en mouvement rapide – comme dans une voiture ou un train – et en zones éloignées d'une antenne).

Bande de fréquences : **900 MHz** et **2 100 MHz**.

Fin de la technologie UMTS en France prévue pour fin 2028 !



→ **HSDPA**¹¹ : version améliorée de la 3G. Arrivée en France en **2006**.

Aussi qualifiée **3G+** ou **3,5G**.

Débit théorique maximal de **14,4 Mb/s** (\approx 3,6 Mb/s en pratique).

La vitesse de chargement d'une vidéo de qualité est alors acceptable.



→ **HSPA+** : version améliorée de la HSPA. Arrivée en France en **2010**.

Aussi qualifiée **3,75G**.

Débit théorique maximal de **21 Mb/s** (\approx 5 Mb/s en pratique).

En doublant la connexion (le mobile se connecte deux fois à l'antenne pour bénéficier de deux fois plus de débit, c'est la technologie *Dual Carrier*), on obtient un débit maximal de **42 Mb/s**. De même, **84 Mb/s** en mode multi antennes MIMO 2x2.

On peut recevoir et envoyer des données volumineuses sans trop se poser de questions.

On commence à atteindre une vitesse confortable.

⁹ Initialement prévue pour le début des années 2000, a été reportée en raison de son coût et de la mauvaise conjoncture économique.

¹⁰ Universal Mobile Telecommunications System

¹¹ High Speed Downlink Packet Access

/!\ Dès 2022, les opérateurs mobiles ont annoncé leurs calendriers respectifs d'**extinction de la 2G et 3G en France métropolitaine**, en vue d'un basculement complet vers les réseaux 4G et 5G. À partir du 31 mars 2026, la 2G sera ainsi arrêtée à Bayonne, Anglet et Biarritz, avant une généralisation de cette extinction à l'ensemble du territoire métropolitain d'ici fin 2026. Concernant la 3G, son arrêt interviendra à partir de fin 2028.

Certaines personnes utilisent encore des téléphones non compatibles avec la 4G et la 5G : ces appareils ne fonctionneront donc plus à compter de la fermeture des réseaux 2G et 3G. Il peut s'agir de téléphones d'anciennes générations ou de modèles minimalistes. Sont également concernés certains équipements reposant sur ces réseaux, tels que des systèmes d'alarme connectés et de télésurveillance, des systèmes de téléassistance aux personnes, des systèmes de pilotage du chauffage, des interphones et visiophones connectés, ou encore certains dispositifs médicaux.

Pourquoi arrêter la 2G et 3G ?

- La 4G et la 5G offrent une **sécurité** renforcée avec des protocoles de chiffrement avancés, une authentification robuste et une architecture réseau conçue pour résister aux menaces modernes.
- La 2G et 3G ne représentent plus qu'une **faible portion du trafic** acheminé sur les réseaux.
- Le fonctionnement des réseaux **2G et 3G** est **plus énergivore** que celui de la 4G et la 5G.
- L'arrêt de la 2G et de la 3G permet de **libérer des capacités** : réutiliser les fréquences pour la 4G et la 5G devrait encore améliorer la qualité de service sur ces réseaux.

- **4G** (≈ 2012) : une des particularités de la 4G est d'avoir un « cœur de réseau » basé sur IP et de ne plus offrir de mode commuté (établissement d'un circuit pour transmettre un appel « voix »), ce qui signifie que les communications téléphoniques utilisent la voix sur IP (paquets) : pour simplifier, avec la 4G, tout passe directement par Internet !

→ **LTE**¹² : le Japon est le premier pays à l'adopter en 2009, suivi par la Suède et la Norvège.

Arrivée en France en 2013.

Aussi qualifiée **3,9G** avant d'être acceptée comme 4G.

Débit théorique maximal de **150 Mb/s** (≈ 30 Mb/s en pratique).

Bande de fréquences : 700/800 MHz, 1 800 MHz, 2 100 MHz et 2 600 MHz.

→ **LTE-Advanced** : arrivée en France 2014, mais déploiement progressif jusqu'à 2021.

Aussi qualifiée **4G+**. Permet de cumuler plusieurs fréquences, dont les différentes connexions s'additionnent (il faut être dans une zone bien couverte, avec un téléphone compatible et un forfait adapté). Un smartphone compatible peut ainsi combiner plusieurs canaux (exemple : 800 MHz, 1800 MHz et 2600 MHz) et additionner leurs débits.

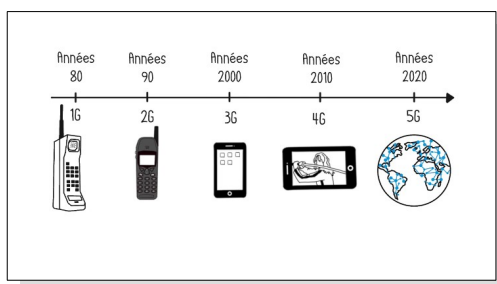
Débit théorique maximal de **600 Mb/s**, voire **1 Gb/s** (≈ 80 Mb/s en pratique).

ET LA 5G ?

La 5G doit permettre un saut de performance en termes de débit (qui doit être multiplié par 10), de délai de transmission (qui doit être divisé par 10) et de fiabilité de la communication.

Elle devrait être un véritable " facilitateur " de la numérisation de la société, en autorisant le développement de nouveaux usages : réalité virtuelle, véhicule autonome et connecté, ville intelligente (contrôle du trafic routier, optimisation énergétique), industrie du futur (pilotage à distance des outils industriels, connectivité des machines)...

5G : comprendre l'essentiel en 7 minutes



(\approx 7 min)

https://youtu.be/0M_FMEXADE0

Ci-dessous et pages suivantes, quelques extraits tirés de l'ARCEP¹³ et l'ANFR¹⁴ :



Débit

La 5G promet des débits jusqu'à **10 fois supérieurs** à ceux de la 4G, qui permettent des connexions en ultra haut débit : vidéo et divertissement, gaming, réalité augmentée et réalité virtuelle.



Latence

Divisée par 10, la latence (temps de réponse) ouvre des perspectives notamment pour les usages professionnels : voitures autonomes, pilotage à distance, téléchirurgie, automatisation industrielle...



Densité

La 5G offre une densité de connexion qui permet de **multiplier par 10** le nombre d'objets connectés simultanément au réseau, pour favoriser des usages tels que la traçabilité des produits, l'optimisation énergétique...

¹³ L'Agence nationale des fréquences contrôle l'utilisation des fréquences radioélectriques et assure une bonne cohabitation de leurs usages par l'ensemble des utilisateurs. Elle s'assure également du respect des limites d'exposition du public aux ondes.

¹⁴ Autorité administrative chargée de la régulation des communications électroniques et des Postes et la distribution de la presse en France. C'est par exemple l'ARCEP qui est en charge des procédures d'attribution des fréquences, et du respect des obligations des opérateurs en termes de couverture mobile.

Performances/Génération	4G	5G
Débit maximal (Gbit/s)	1	20
Débit aperçu par l'utilisateur (Mbit/s)	10	100
Efficacité spectrale	1x	3x
Vitesse (km/h)	350	500
Latence (ms)	10	1
Nombre d'objets connectés sur une zone (quantité d'objets/km ²)	10 ⁵	10 ⁶
Efficacité énergétique du réseau	1x	100x
Débit sur une zone (Mbit/s/m ²)	0.1	10

Techniquement comment ça marche ?

La 5G est souvent présentée comme une unique technologie alors qu'elle est en réalité **l'assemblage d'innovations diverses** :

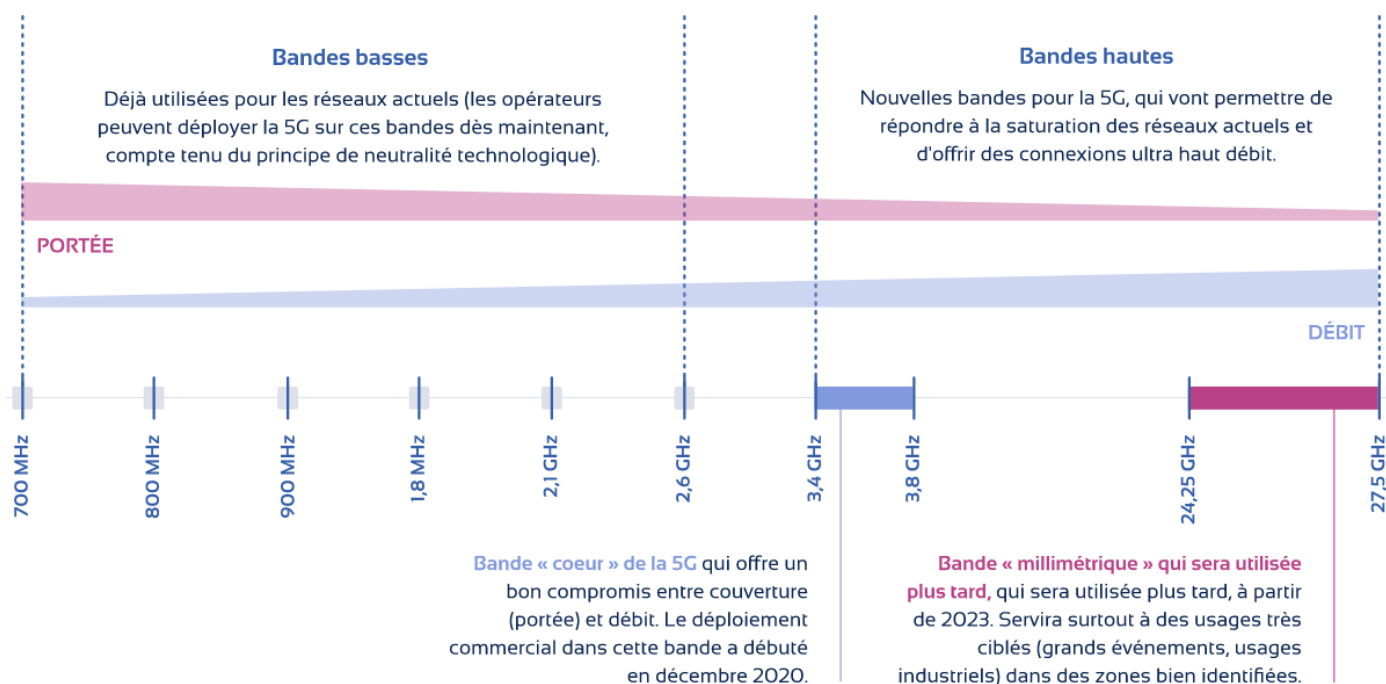
> Les bandes de fréquences de la 5G

Les réseaux mobiles, comme la radio, utilisent des ondes pour transporter des données. Ces ondes sont découpées en bandes de fréquences, qui nécessitent une autorisation de l'État pour être utilisées. Les différentes bandes de fréquences ont une portée et un débit différents : la 5G utilisera tout un ensemble de fréquences, attribuées récemment ou depuis plus longtemps :

Dans un premier temps, la 5G utilisera **les bandes de fréquences qui sont déjà utilisées** (notamment les bandes 700 MHz, 2,1 GHz ou 1800 MHz) ainsi que la bande de fréquences 3,5 GHz qui vient d'être attribuée aux opérateurs mobiles par l'Arcep le 12 novembre 2020. Cette bande offre un bon compromis entre couverture et amélioration du débit.

Dans un second temps, la 5G pourrait utiliser une autre bande, la bande 26 GHz (dite bande millimétrique). Cette bande n'est pas encore attribuée. Elle pourra permettre **des débits très importants en zone très dense** et pourra particulièrement être utilisée pour la communication entre objets connectés.

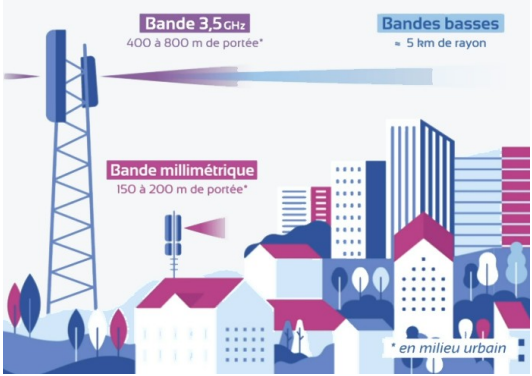
Remarque : les « ondes millimétriques » sont déjà utilisées par certains services comme les radars de vitesse, les systèmes d'anti-collision des véhicules, les portiques de sécurité des aéroports, etc.



Les fréquences de la 5G en Europe

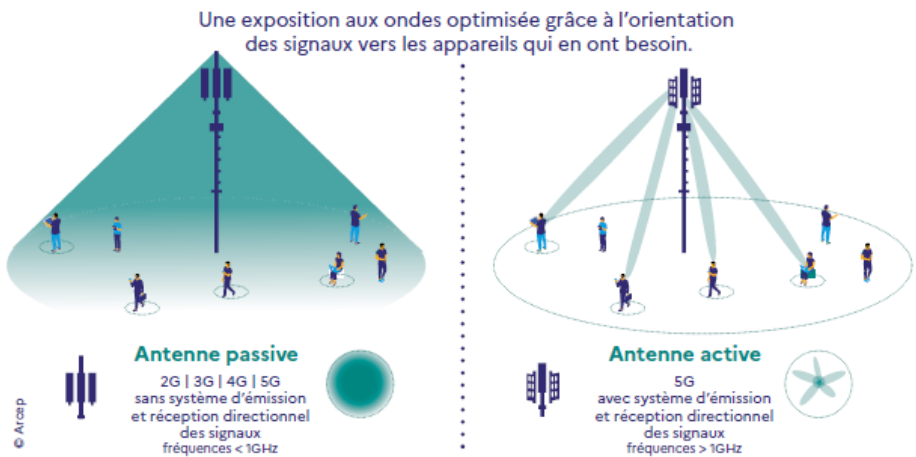
A moyen terme, les antennes 5G utiliseront trois bandes de fréquences, aux propriétés physiques différentes. D'autres bandes sont à l'étude.

	PÉNÉTRATION À L'INTÉRIEUR	PORTÉE	DÉBIT
<p>La bande 700 MHz : déjà attribuée aux opérateurs (depuis fin 2015), qui peuvent d'ores et déjà y déployer la 4G, et pleinement disponible mi-2019.</p>	++	++	--
<p>La bande 3400 – 3800 MHz : en cours de réorganisation pour permettre l'attribution d'une grande partie pour la 5G, elle offre un bon ratio couverture/débit et est souvent identifiée, en Europe, comme la bande « cœur 5G ».</p>	-	+	+
<p>La bande 26 GHz : bande « millimétrique », avec des fréquences très élevées jusqu'à présent utilisées pour les liaisons satellitaires ou d'infrastructure, elle permettra des débits très importants dans des cellules de petite taille.</p>	--	--	++



Plus une fréquence est basse, plus elle se diffuse loin et mieux elle pénètre les bâtiments (murs, etc.).

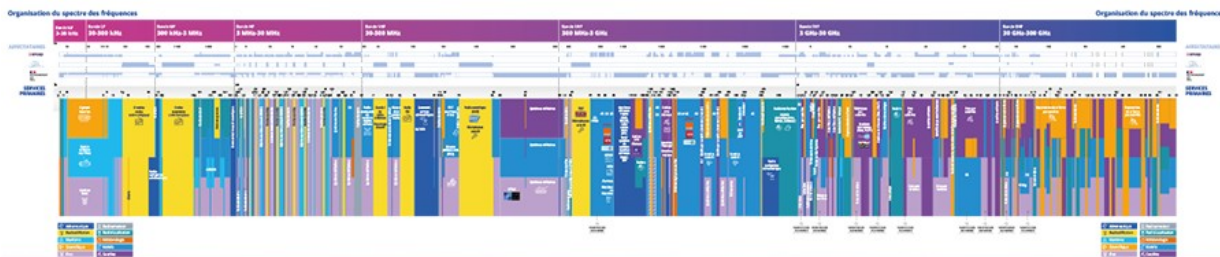
> Des antennes-actives innovantes



L'ensemble de ces innovations combinées permettront d'atteindre des débits jusqu'à 10 fois plus grands qu'en 4G et de réduire par 10 le temps de réponse (latence).

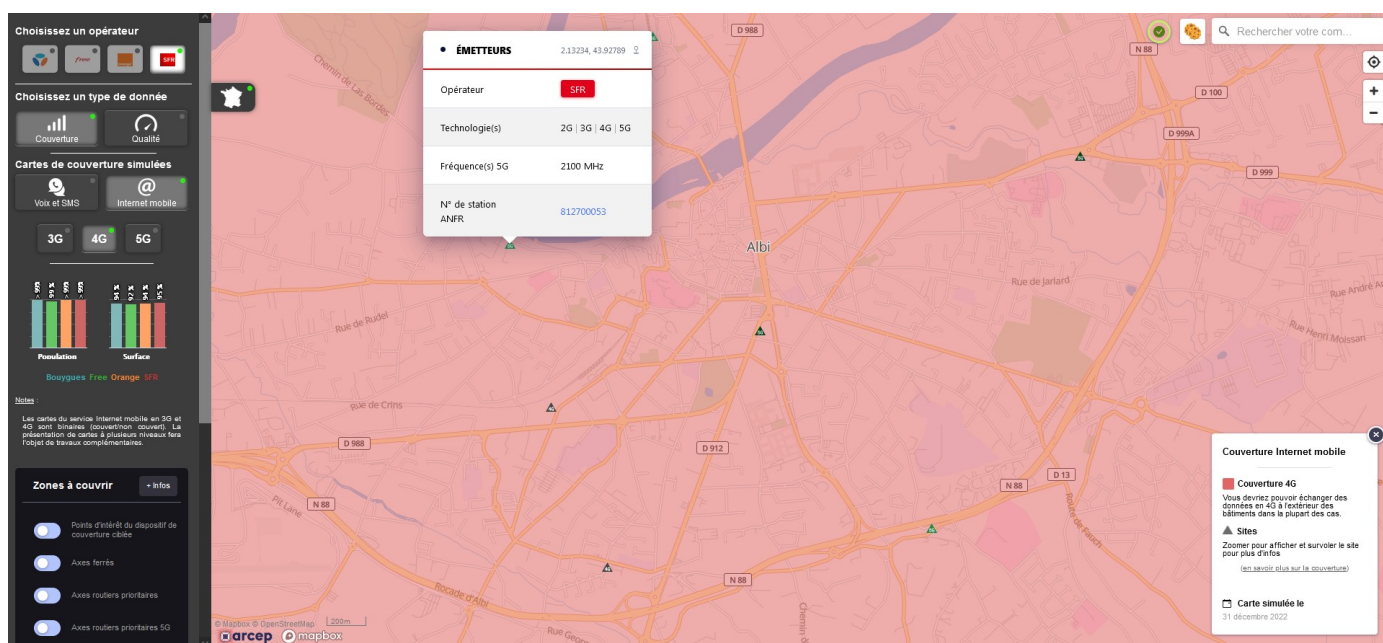
COMPLÉMENTS POUR LES CURIEUX (FACULTATIF)

→ La frise des bandes de fréquences par l'ANFR, par classe de service (maritime, mobile, aéronautique, radioamateur, etc.) : anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/ANFR/ANFR-spectre-frequences-juin-2020.pdf



et sa version interactive : solar-web.anfr.fr/mashup-ui/page/spectre

→ Outil cartographique de l'ARCEP qui permet de comparer les opérateurs mobiles : monreseau-mobile.arcep.fr



→ Un bon dossier sur la 5G, par l'ANFR : 5g.anfr.fr

→ Aspects techniques de la 5G (imbrication entre 4G et 5G) par l'ARCEP : arcep.fr

