Exposition aux ondes radiofréquences: préparer l'arrivée de la 5G.

Congrès national de radioprotection SFRP

La Rochelle
Mardi, 18 juin 2019

Emmanuelle Conil
Département Exposition du public aux champs électromagnétiques
emmanuelle.conil@anfr.fr

ANFR
AGENCE NATIONALE DES FRÉQUENCES

ANFR et exposition du public aux ondes

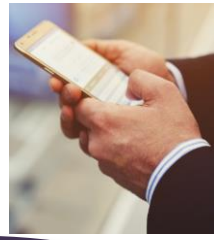
L'ANFR est un expert technique de l'État. Elle doit :

Pas de compétence sanitaire (ANSES*)

Installations radioélectriques

1 Veiller au respect des valeurs limites réglementaires

Terminaux



2 Tenir à jour le protocole de mesures

3 Gérer le dispositif national de mesure des champs

4 Contrôler la conformité des terminaux mis sur le marché (DAS)

5 Maîtriser l'exposition et améliorer l'information et la concertation

**Anses : Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail*

Mots clés de l'exposition aux radiofréquences

Restrictions de base qui protègent des effets sanitaires avérés

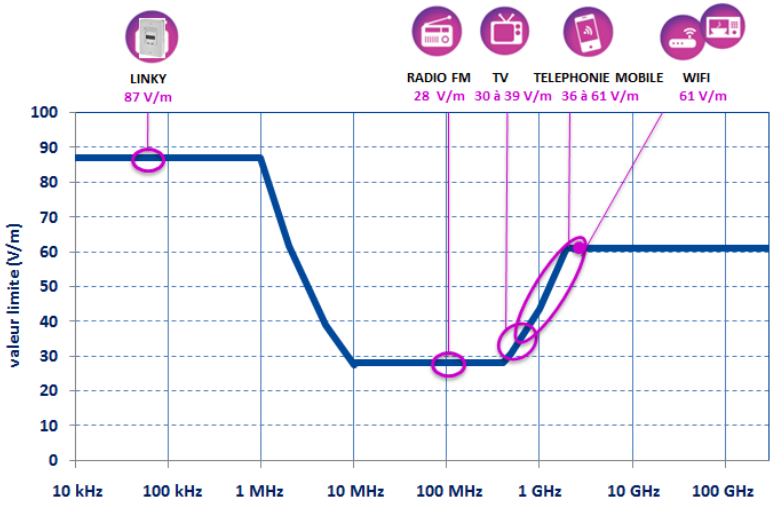
- Entre 100 kHz et 10 GHz, DAS débit d'absorption spécifique (W/kg) mesuré sur une intervalle de temps de 6 minutes et défini globalement et localement

- De 10 GHz à 300 GHz, densité de puissance (W/m²) mesurée sur un intervalle de temps allant de 6 minutes à 10 secondes

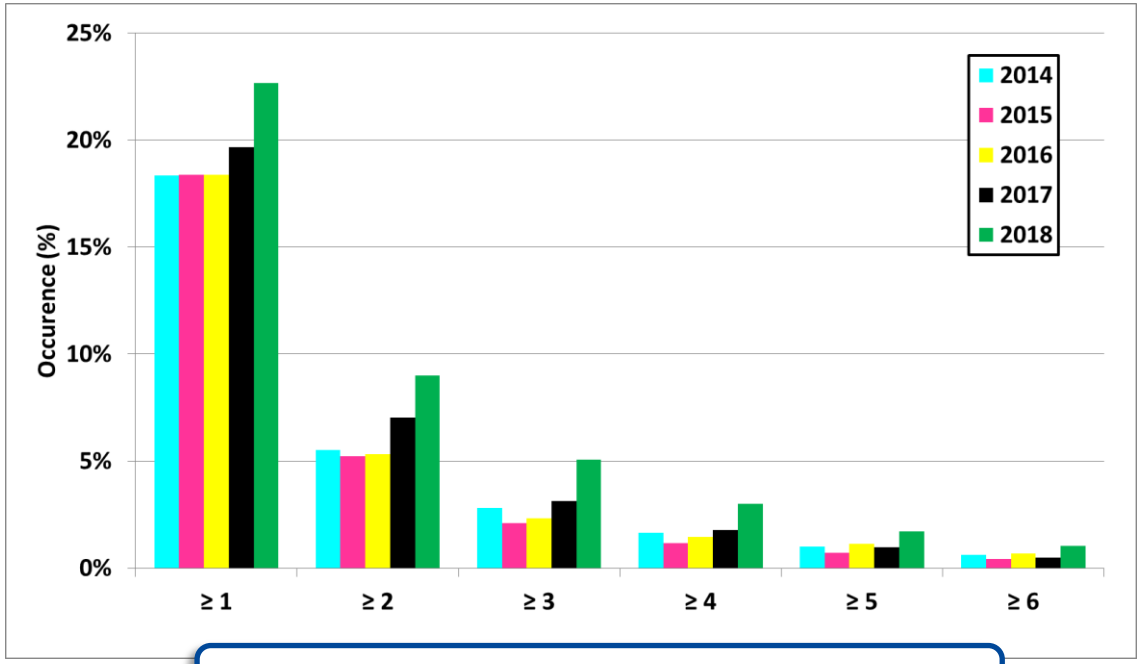
Niveaux de référence dérivés des restrictions de base

- Champs électrique, magnétique, et densité de puissance

- Entre 100 kHz et 10 GHz, mesurés sur un intervalle de temps de 6 minutes, au delà intervalle de temps décroissant avec la fréquence



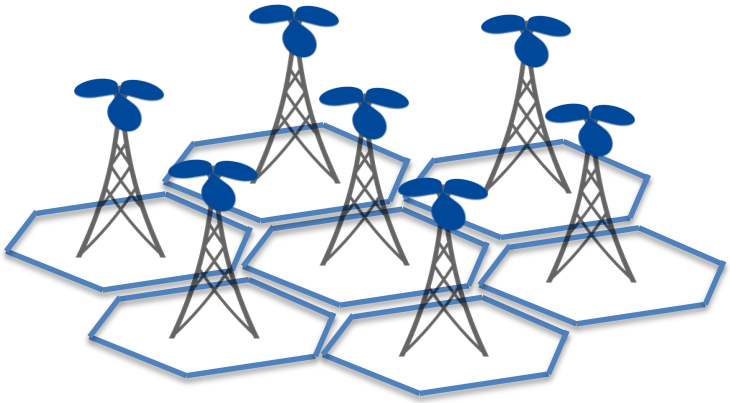
L'exposition aux radiofréquences aujourd'hui



niveau réglementaire entre 36 V/m et 61 V/m

- ~ 80 % des niveaux globaux < 1V/m
- 1% des niveaux globaux mesurés ≥ 6 V/m
- Exposition stable dans la journée
- Contributeur principal : téléphonie mobile

- réseaux de téléphonie mobile = réseaux cellulaire en nid d'abeilles
- 1 site = 1 à 3 secteurs pour couvrir toutes les directions
- 1 secteur = 1 antenne qui dessert globalement l'ensemble du secteur



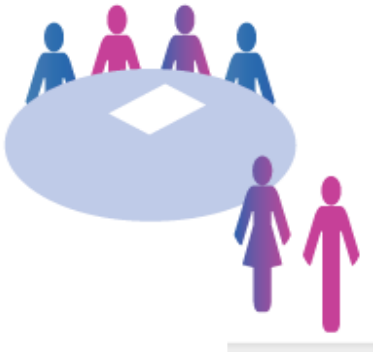
Feuille de route 5G nationale : actions de l'ANFR

VEILLER, MESURER

Veiller aux valeurs limites d'exposition du public aux ondes

Gérer le dispositif national de surveillance et de mesures des ondes

DIALOGUER



Contribuer au **Comité National de Dialogue** pour informer l'ensemble des parties prenantes (associations, opérateurs et constructeurs, collectivités et représentants de l'administration),

https://www.anfr.fr/controle-des-frequences/exposition-du-public-aux-ondes/comite-national-de-dialogue/

Prendre part à des réunions avec les collectivités sur le terrain

DIFFUSER L'INFORMATION

Publier les études de terrain et les résultats des mesures d'exposition

La 5G

DÉBIT

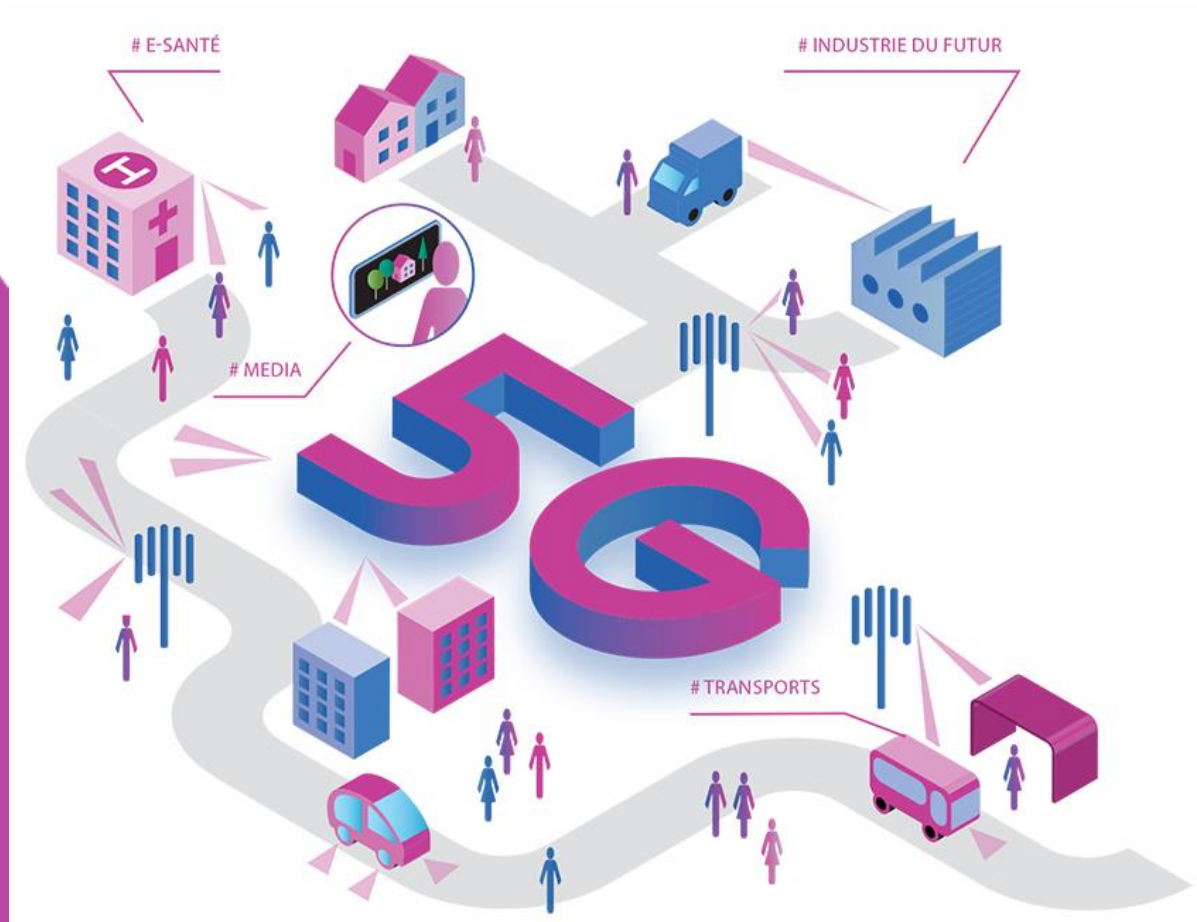
La 5G promet des débits jusqu'à 10 fois supérieurs à ceux de la 4G.

LATENCE

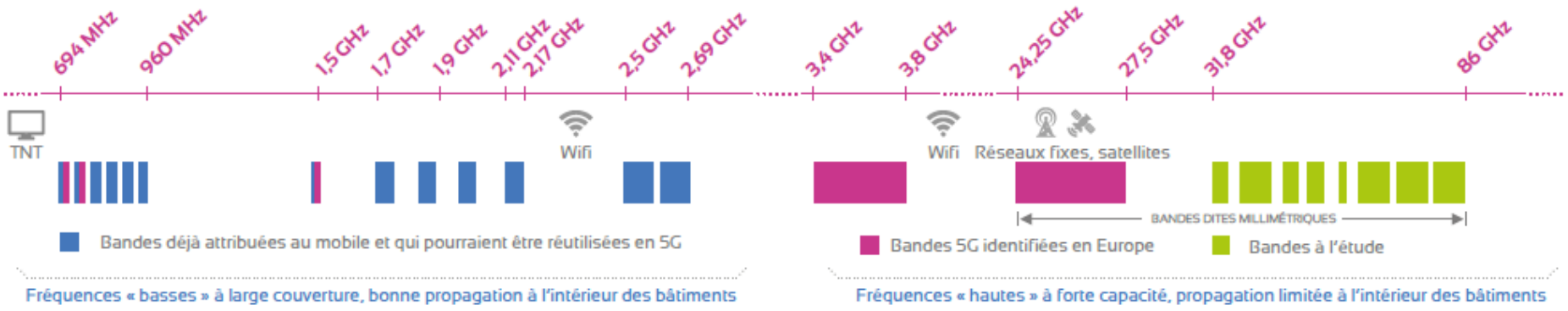
En étant divisée par 10, la latence (temps de réponse) ouvre des perspectives venant bouleverser les usages notamment professionnels.

DENSITÉ

La 5G offrira une densité de connexion qui permettra de multiplier par 10 le nombre d'objets connectés au réseau simultanément.



Ressources fréquentielles 5G



Bandes <u>déjà attribuées</u> 2G, 3G, 4G sont en-dessous 3 GHz

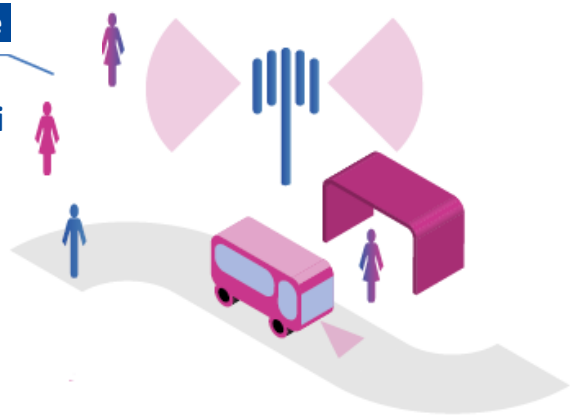
<u>Les nouvelles attributions de la 5G</u> seront dans la bandes cm et mm

- **Premières autorisations d'expérimentation par l'ARCEP en 2018**
- **Premiers déploiements <u>avant 2020:</u>** au moins une ville majeur par Etat Membre couverte en 5G
- **Première bande testée : 3.4 – 3.8 GHz**
- **Bande haute 26 GHz**
- **Etudes dans des bandes plus hautes: 40.5 – 43.5 GHz, 66-71 GHz**

Les antennes 5G: massive MIMO et beamforming (bande 3,6 GHz et 26 GHz)

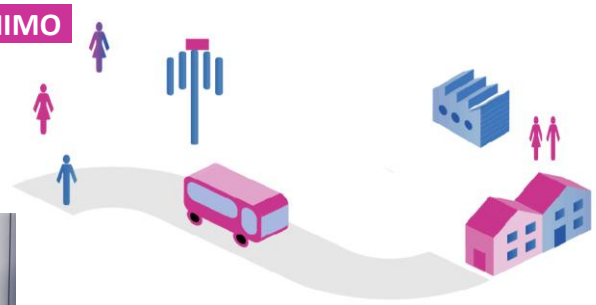
ANTENNES **classique**

Gain typique 17 dBi



ANTENNES **massive MIMO**

Gain typique 24 dBi



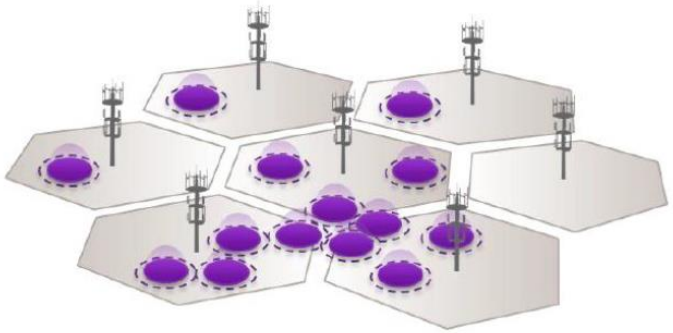
Les antennes massive MIMO sont constituées d'antennes élémentaires plus petites (4 cm à 3,6 GHz, 6 mm à 26 GHz) : antennes typiques de 64, 128, 256 éléments

Les faisceaux sont orientés vers les utilisateurs, ce qui permet de mieux optimiser la ressource. Création de faisceaux plus fins permettant un gain plus élevé et d'augmenter le débit (durée d'exposition plus faible)

Les architectures 5G: hétérogénéité

La 5G:

- Des performances très exigeantes
- Des bandes de fréquences avec des capacités de propagation moins bonnes



Hétérogénéité des réseaux 5G :
macro + petites antennes

Spécificité des petites antennes :

- Nombre d'antennes potentiellement plus élevé que celui des macros
- Proximité des utilisateurs
- Puissance d'émission plus faible que les macros

Etude ANFR sur des petites antennes 4G

Exposition environnementale dans une zone de 100 mètres autour des sites

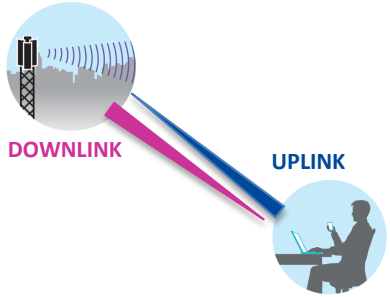
- Niveau moyen d'exposition peu affecté par la mise en service de la petite antenne
- Niveau maximal comparable aux niveaux que peuvent induire les réseaux macros actuels (entre 1 V/m et 3V/m)

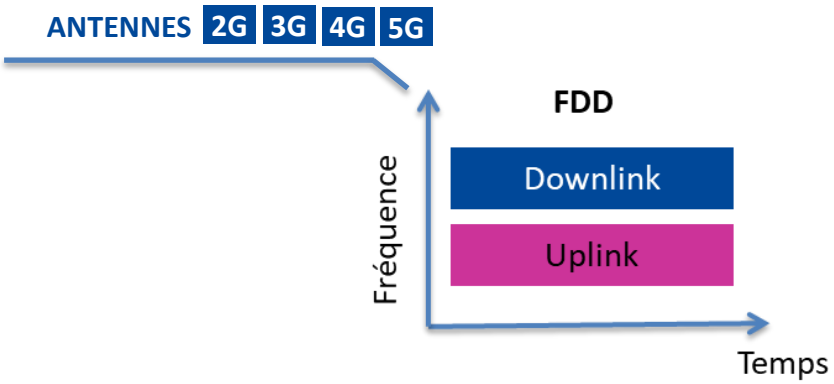
Exposition liée à l'utilisation du mobile

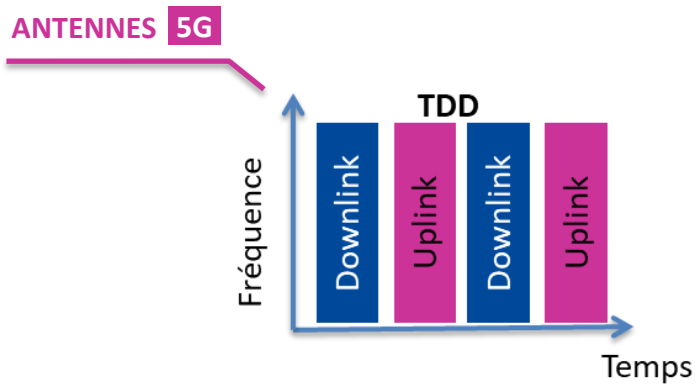
Réduite dans toute la zone de couverture de la petite antenne soit parce que la puissance émise par le mobile est fortement réduite soit parce que la durée d'exposition est réduite du fait d'un meilleur débit

Rapports disponibles en ligne : https://www.anfr.fr/petites-antennes/

Le duplexage 5G : FDD et TDD







Frequency-Division Duplexing

Emissions des mobiles et des antennes relais:

- Dans des bandes de fréquences disjointes
- Simultanées

Mesures de l'exposition induite pas l'antenne relais dans la bande de fréquence dédiée.

Time-Division Duplexing

Emissions des mobiles et des antennes relais:

- Dans les mêmes bandes de fréquences
- Mais à tour de rôle (« circulation alternée »)

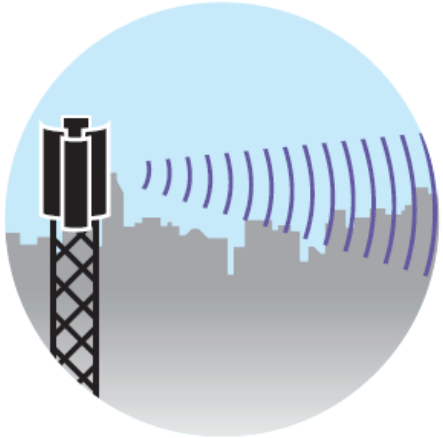
Pas de distinction possible entre les émissions des mobiles et des antennes relais par la bande de fréquences

Les challenges de la 5G pour l'exposition

TERMINAUX

Comment passer du DAS à la densité surfacique de puissance en bande de fréquence millimétriques?

STATIONS RADIOELECTRIQUES



- Massive MIMO et formation de faisceau: antennes actives à gain élevé, plus de variabilité spatiale et temporelle.
- Comment évaluer l'exposition maximale?
- Comment évaluer une exposition réelle ?
- Petites antennes: plus nombreuses, moins puissantes, plus proches des utilisateurs
- Mode TDD: circulation alternée

Exposition liée aux terminaux

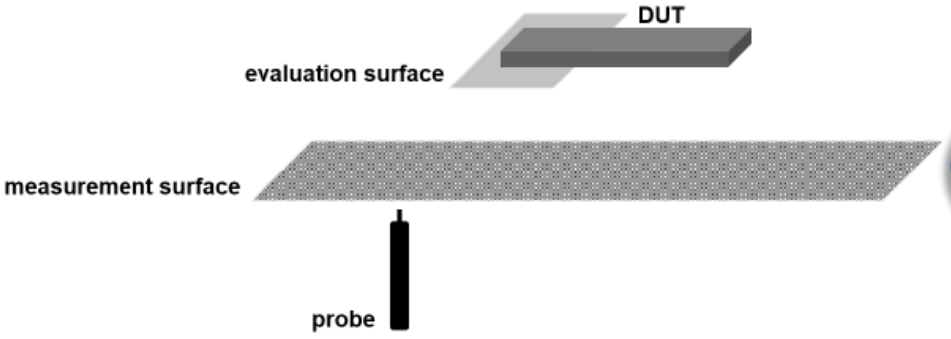
ICNIRP 1998

— entre 100 kHz et 10 GHz, des restrictions de base concernant le DAS sont prévues pour prévenir un stress thermique généralisé du corps et un échauffement localisé excessif des tissus. Dans la gamme de fréquences comprises entre 100 kHz et 10 MHz, des restrictions sont prévues concernant à la fois la densité de courants et le DAS;

— entre 10 GHz et 300 GHz, des restrictions de base concernant la densité de puissance sont prévues pour prévenir un échauffement des tissus à la surface du corps ou à proximité de cette surface.

Evaluation de la densité de puissance surfacique

- **En espace libre (plus de fantôme, plus de liquide)**
- **En champ proche, par l'évaluation de E et/ou H (en amplitude et en phase)**
- **En champ lointain, par l'évaluation de E ou H en amplitude**



IEC JWG 11 et 12 travaillent à la rédaction de normes pour spécifier la méthodologie de mesure et de calcul de la densité de puissance

Exposition liée aux stations radioélectriques

CONFORMITE

Les périmètres de sécurité permettent de garantir la conformité

2G/3G/4G : puissance maximale théorique pour l'extrapolation sans tenir compte des 6 minutes

5G : variabilité spatiale et temporelle accrue → puissance maximale théorique excessivement conservative.

Introduction de la puissance maximale réelle sur 6 minutes pour les périmètres de sécurité

INDICATEUR

Valeurs représentatives de l'exposition quotidienne

2G/3G/4G : résultat de la mesure large bande moyenné sur 6 minutes bon indicateur de l'exposition dans la journée

5G : variabilité spatiale et temporelle accrue

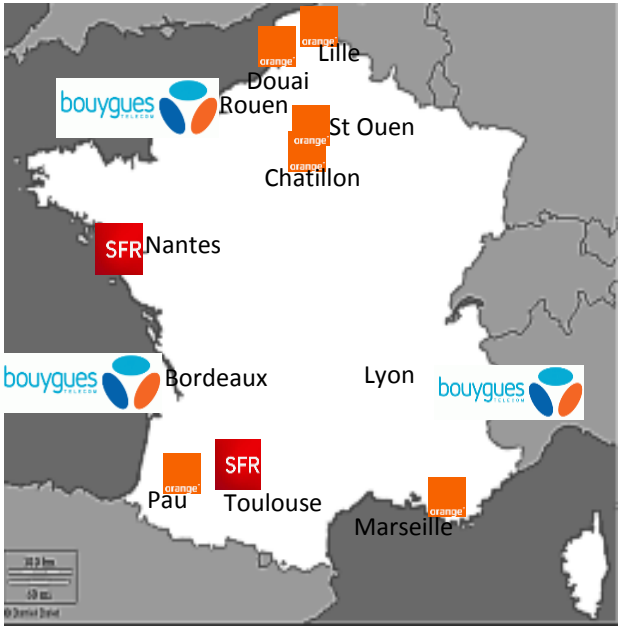
Nécessité de définir un nouvel indicateur de l'exposition

Premières mesures sur les pilotes 5G

Plusieurs pilotes ont été autorisés par l'Arcep

Actions de l'ANFR:

- réunions mairie-opérateur-ANFR
- mesures d'exposition sur le terrain pour comprendre les effets de la 5G sur l'exposition
- mise à jour des documents de référence de l'ANFr



36 sites déjà mesurés avant et après allumage 5G

TM 3600	Sans 5G	Avec signalisation 5G
Moyenne	< 0,01 V/m	0,06 V/m
Max	< 0,01 V/m	0,36 V/m

Sans trafic, exposition très faible

Exposition dans un faisceau

(mesures à 150 m d'un site à Mérignac sur une réception de 50 MHz de bande)

Faisceau bloqué dans une direction donnée
L'exposition est déclenchée par un téléchargement de données demandé par le terminal

Durée du téléchargement	Taille du fichier	E moyen sur 6 minutes
Pas de téléchargement	0 Mo	0,2 V/m
2 s	150 Mo	0,5 V/m
7 s	500 Mo	0,8 V/m
15 s	1 Go	1,1 V/m
150 s	10 Go	3,9 V/m
Infini	Infini	6,5 V/m

L'exposition dépend du volume de données délivré, donc des usages

Un forfait mensuel 4G actuel (10 Go) peut être consommé en 150 s (2 mn 30 s)

Conclusions intermédiaires

L'exposition dépend de nombreux paramètres

- **De la distance entre l'antenne et le terminal**
- **De la focalisation du faisceau et du nombre de faisceaux pilotés par l'antenne**
- **Du temps passé par le faisceau dans chaque direction donc de la demande de données par les terminaux dans le faisceau**

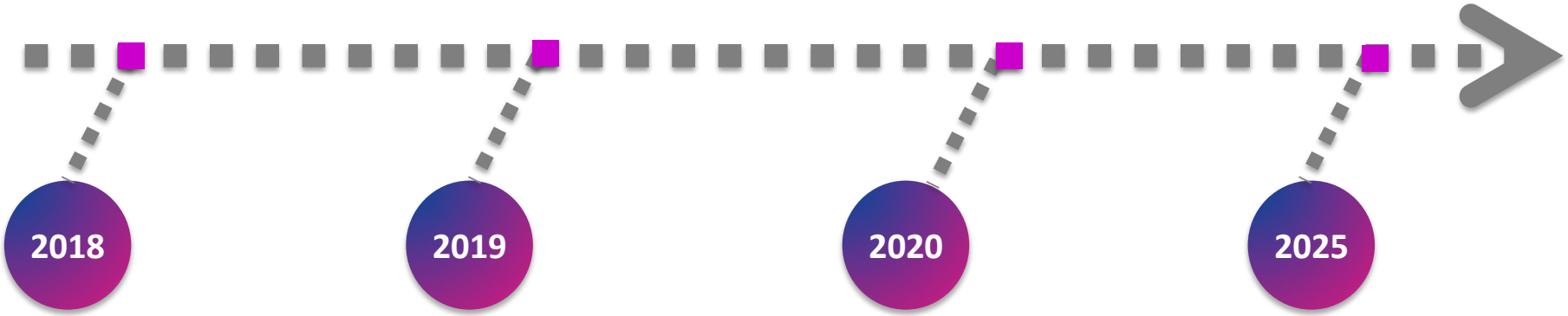
Mesures encore limitées : sans trafic, puis avec faisceau bloqué

Nécessité d'approfondir les mesures

- **Avec des antennes de marques et de modèles différents**
- **Avec un plus grand nombre de terminaux**
- **Avec des cas d'usage plus variés**

Utilité de définir un indicateur d'exposition tenant compte de l'usage

Calendrier



Normalisation

Première partie de la standardisation 5G

Publication de la feuille de route nationale

Expérimentations

Mise en place des “pilotes 5G” en France

Premiers terminaux sur le marché

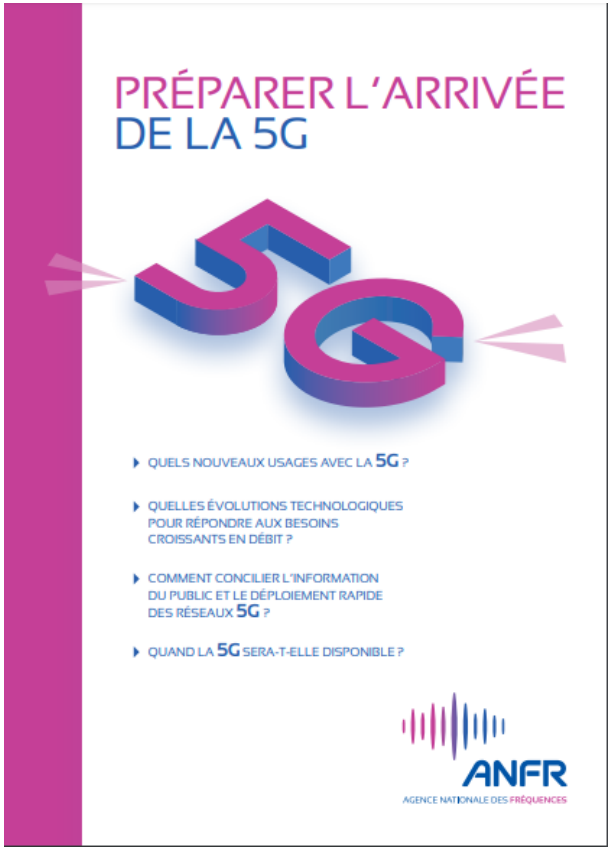
Lancements

Attribution de fréquences dans la bande 3,4 – 3,8 GHz

Premiers lancements commerciaux

Objectif européen

Couverture 5G des grandes villes et des axes de transport



Brochure 5G
https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/5G/ANFR_5G.pdf

Rejoignez-nous sur :

twitter/anfr dailymotion/anfr flickr/anfr linkedin/anfr

Agence nationale des fréquences

78, Avenue du Général de Gaulle
94704 MAISONS-ALFORT CEDEX

+33 (0)1 45 18 72 72
www.anfr.fr