

# Exposition du public aux ondes électromagnétiques

*12 octobre 2020*

# Les fréquences et leur rôle dans la société/économie

Un rôle essentiel dans les secteurs commerciaux et gouvernementaux



Une richesse d'applications

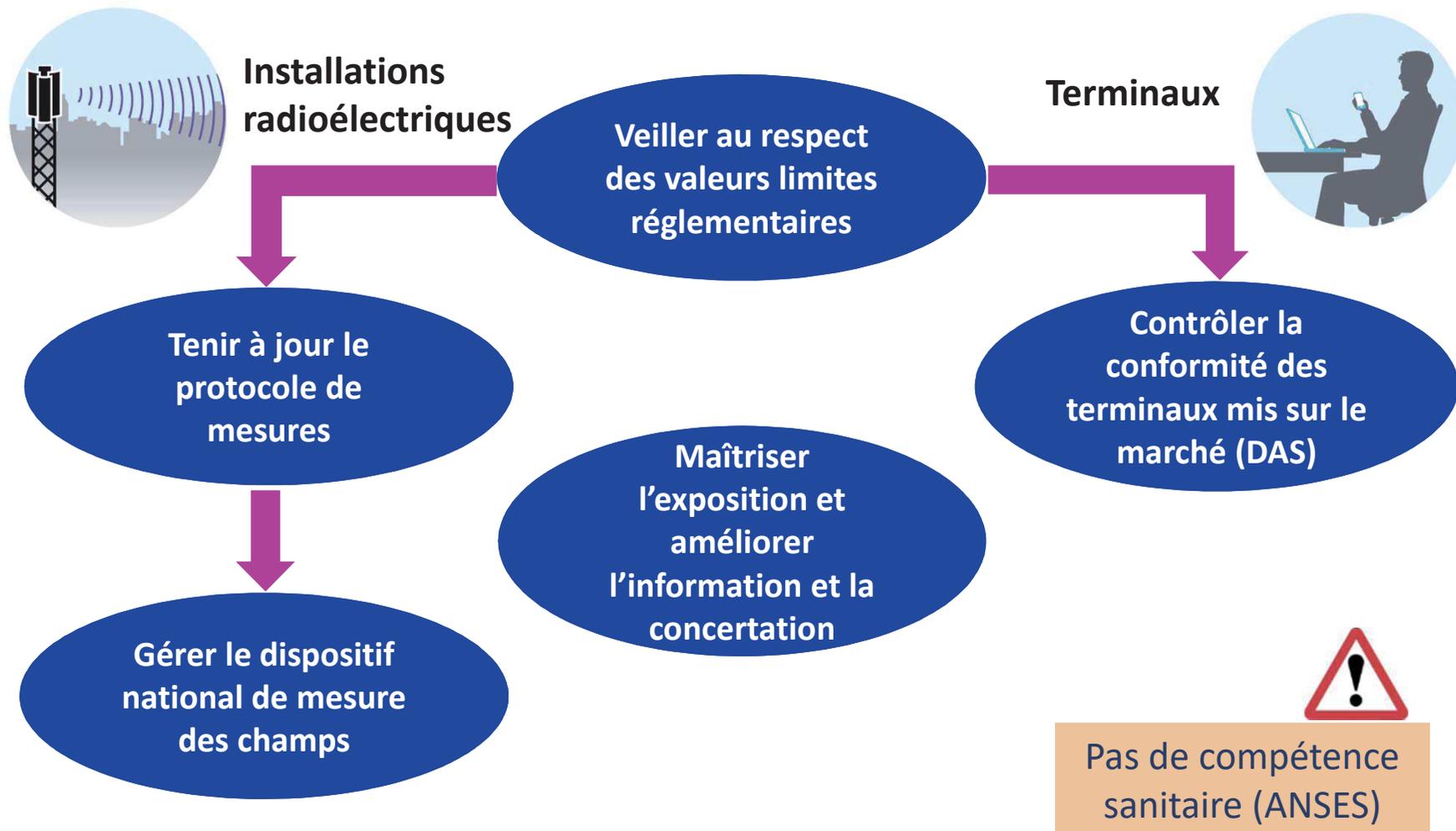
- Très haut débit mobiles (4G) et demain la 5G
- TNT HD
- Internet des objets
- Villes intelligentes
- M-Santé
- Véhicules connectés
- Satellites (Télévision, Galileo, Copernicus, ...)
- Radars Météo, Aviation civile, Défense
- Microphones sans fil et caméras vidéo
- Systèmes d'armes
- Communications aéronautiques et maritimes
- Exploration de la Terre et de l'univers
- ...

L'activité de nombreuses entreprises repose sur l'accès aux fréquences



# ANFR et exposition du public aux ondes

L'ANFR a pour mission le contrôle de l'exposition du public aux ondes :

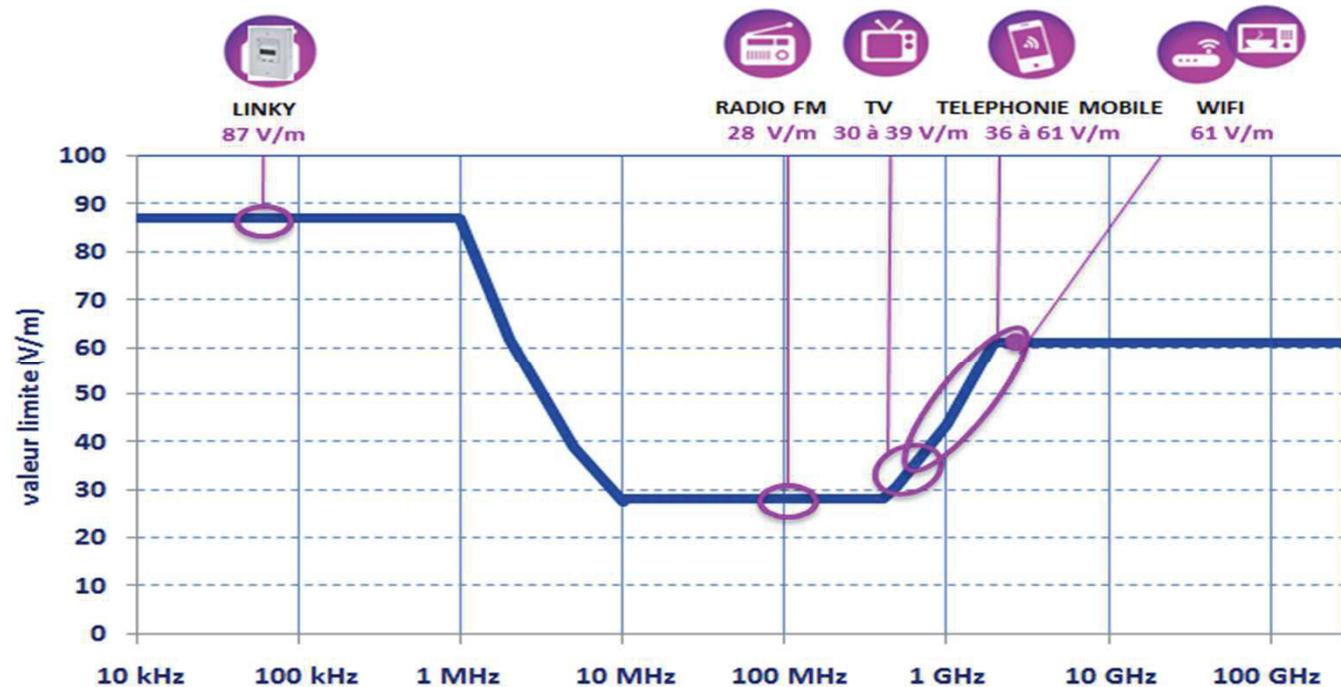


# Veiller au respect des valeurs limites réglementaires

Autorisation des stations de plus de 5 W

Contrôles sur site

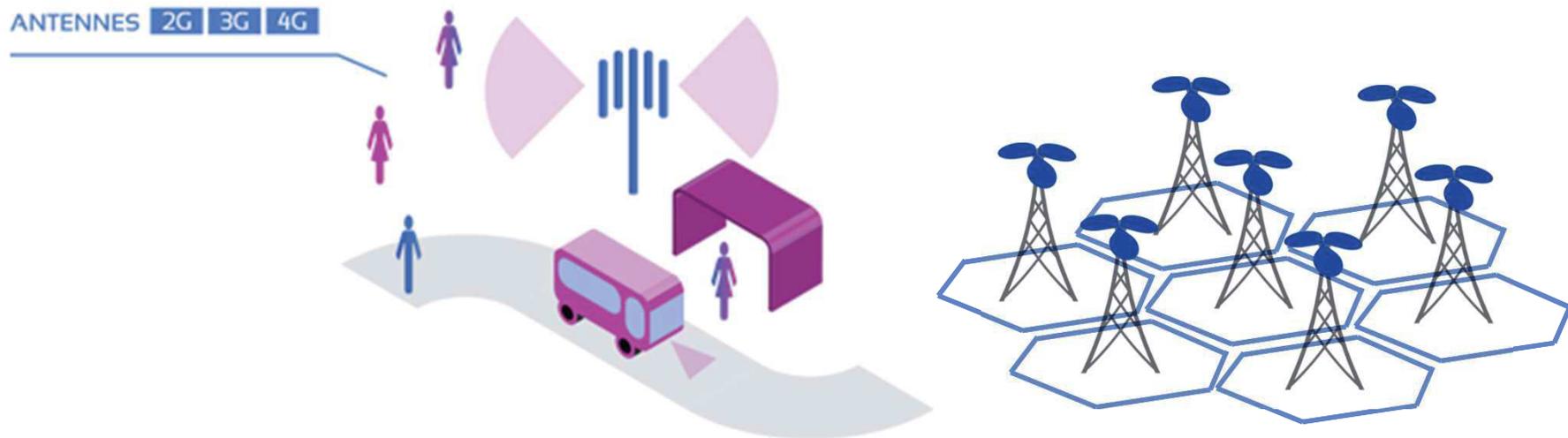
Guide sur les périmètres de sécurité



Le protocole de mesure reste utilisable dans sa version actuelle avec des résultats détaillés en fréquence jusqu'à 6 GHz  
Entre 100 kHz et 10 GHz, l'exposition s'évalue pendant une durée de 6 minutes

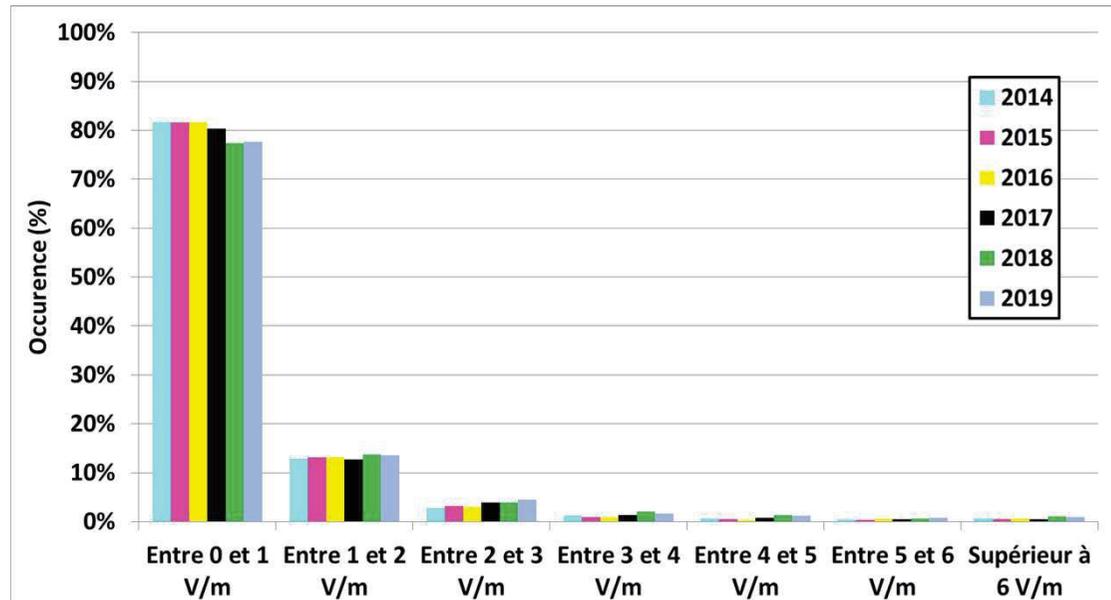
# L'exposition actuelle aux radiofréquences

Réseaux de téléphonie mobile = réseaux cellulaire en nid d'abeilles  
1 site = 1 à 3 secteurs pour couvrir toutes les directions



Couverture par secteur : dès qu'un utilisateur reçoit un signal, tout le secteur est couvert

# Mesures réalisées



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

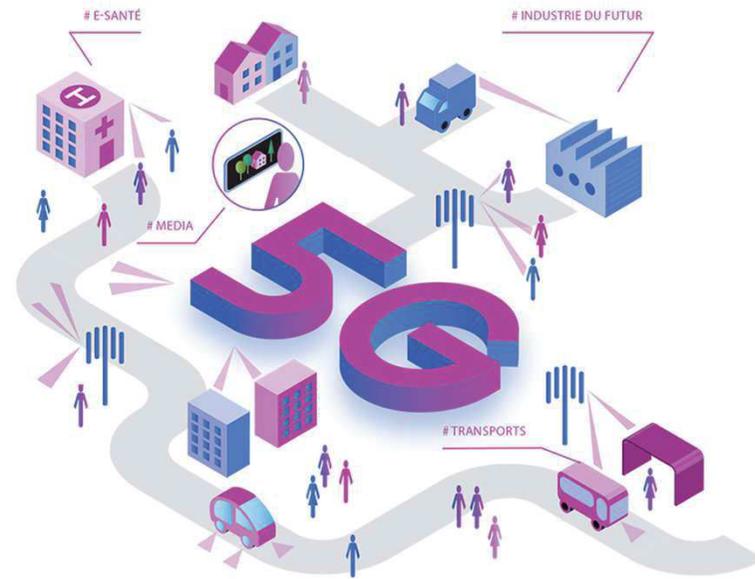
## Mesures globales (cas A) :

Environ 80 % des niveaux sont inférieurs à 1 V/m

50 % des niveaux sont inférieurs à 0,4 V/m

~1 % des niveaux sont supérieurs à 6 V/m

L'exposition est stable dans la journée : pour la téléphonie mobile, avec les technologies actuellement déployées et les usages constatés, le niveau global d'exposition (cas A) est un bon indicateur de l'exposition, quelle que soit l'heure de la journée.



# Introduction : Les nouveaux usages de la 5G

## DÉBIT

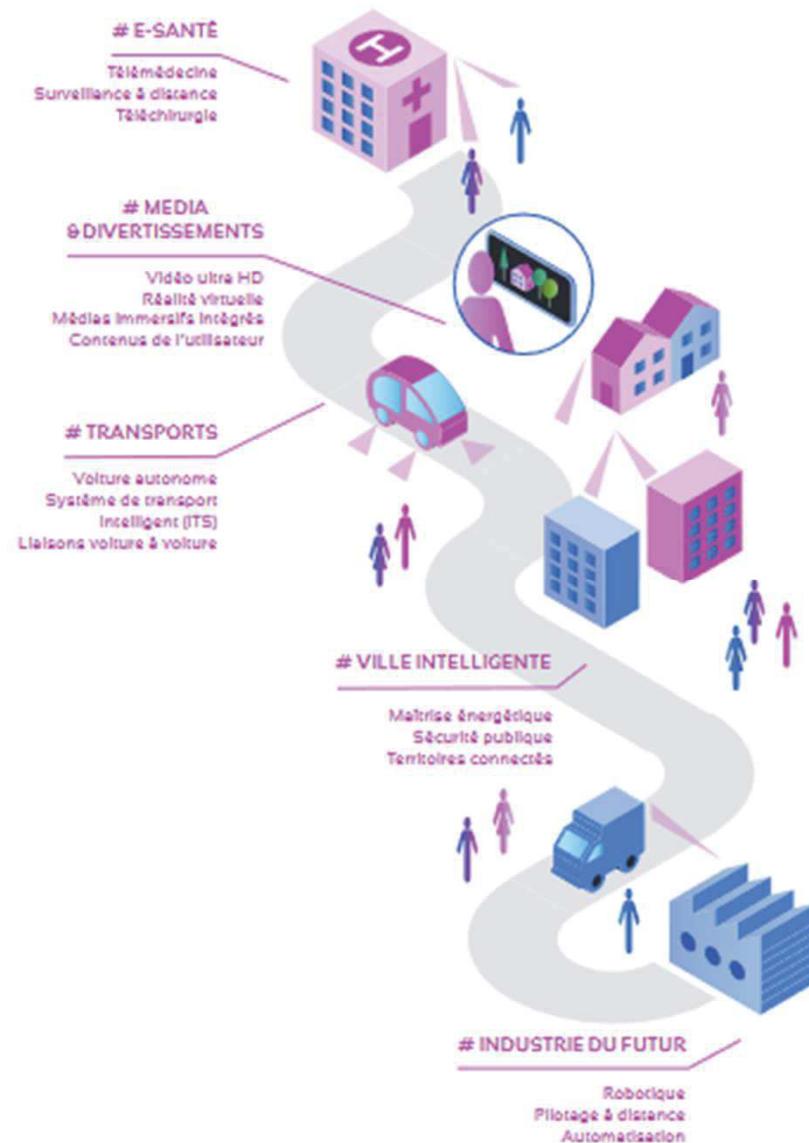
La 5G promet des débits jusqu'à 10 fois supérieurs à ceux de la 4G.

## 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.



# Feuille de route nationale de la 5G

## La feuille de route fixe des objectifs ambitieux :

Lancer plusieurs pilotes 5G sur une variété de territoires et accueillir des premières mondiales d'application de la 5G dans les domaines industriels ;

Attribuer de nouvelles fréquences 5G et avoir un déploiement commercial dans au moins une grande ville dès 2020 ;

Couvrir les principaux axes de transport en 5G d'ici 2025.

## Elle repose sur 4 chantiers prioritaires :

Libérer et attribuer les fréquences radioélectriques pour les réseaux 5G ;

Favoriser le développement de nouveaux usages ;

Accompagner le déploiement des infrastructures de la 5G;

**Assurer la transparence et le dialogue sur les déploiements de la 5G et l'exposition du public.**

# ACTIONS DE L'ANFR SUR LA 5G

## Sur les pilotes 5G

Etudes de l'exposition en 5G dans la bande 3.4 – 3.8 GHz

Mise à jour des documents permettant d'accompagner le déploiement de la 5G :

du protocole de mesure;

des lignes directrices nationales pour la présentation des simulations

d'exposition des nouvelles installations ;

du guide technique sur la modélisation des sites et des périmètres de sécurité

pour le public.

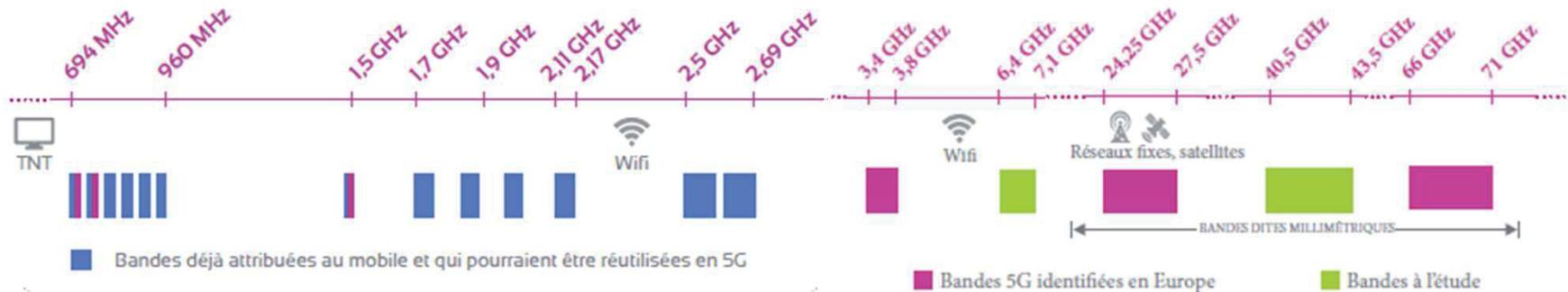
Poursuite des études notamment dans la bande 26 GHz

## Au cours des déploiements 5G

Mesures avant et après le déploiement de la 5G

Capteurs fixes de l'exposition

# Les fréquences de la 5G



Une partie des bandes déjà attribuées sont prêtes pour la 5G

Première bande ciblée 3,6 GHz (3,4 - 3,8 GHz, « mid-band ») : les premières licences 5G seront bientôt proposées dans cette bande (fin 2020)

Bande haute 26 GHz (24,25 – 27,5 GHz) : licences proposées ultérieurement

Etudes en cours pour une extension dans des bandes plus hautes (millimétriques), notamment 40,5 – 43,5 GHz ou 66-71 GHz

# Innovations technologiques ayant un impact sur l'exposition

Bandes actuelles (700 MHz – 2 600 MHz)	3,6 GHz « mid-band »	26 GHz / 28 GHz et au-delà
<i>Evolution possible à court terme</i>	Antennes actives	Antennes actives Bandes millimétriques Usage du mobilier urbain (« <i>small cells</i> »)
<p><i>Déploiements rapides possibles</i></p> <p><i>Evolutions envisagées (antennes actives) pour certaines bandes (1,8 GHz, 2 GHz et 2,6 GHz)</i></p>	<p>Europe : préparatifs de déploiement, déploiement lancé en Suisse, UK, Allemagne...</p> <p>Etats-Unis : pas de déploiement actuellement</p> <p>Chine, Corée du Sud, Japon: déploiement en cours</p>	<p>Europe : bande harmonisée, peu de projets</p> <p>Etats-Unis : déploiement en cours</p> <p>Chine, Corée du Sud, Japon: déploiement en cours</p>

# Antennes à faisceaux orientables pour les nouvelles bandes de fréquence



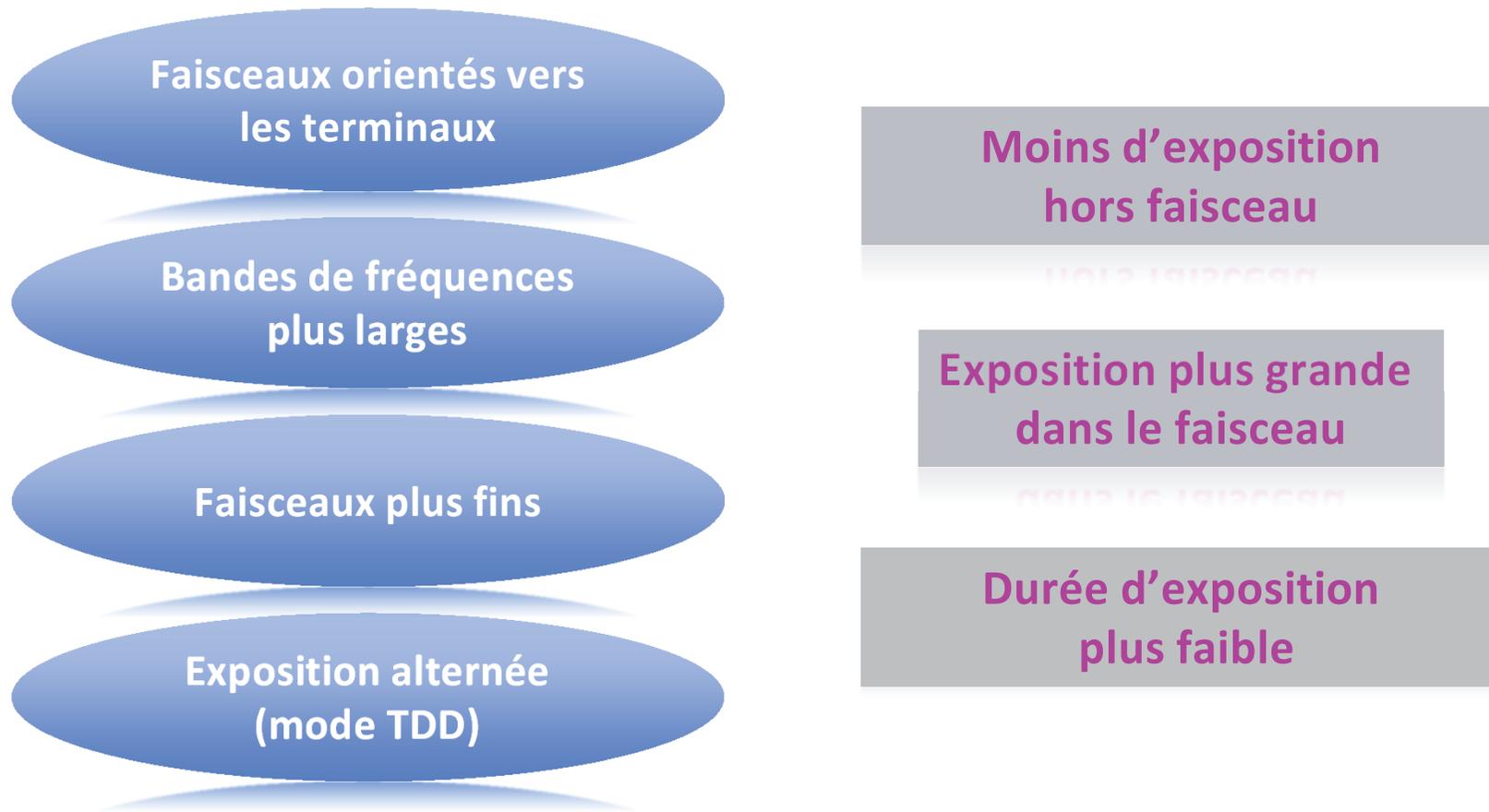
Les antennes massive MIMO sont constituées d'antennes élémentaires plus petites (4 cm à 3,6 GHz, 6 mm à 26 GHz) : antennes typiques de 64, 128, 256 éléments

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)

Mode TDD (*Time-Division Duplexing*) mobiles et antennes émettent

- dans la même bande
- mais à tour de rôle (« circulation alternée »)

# Comment évaluer l'exposition avec les nouvelles bandes de fréquence en 5G



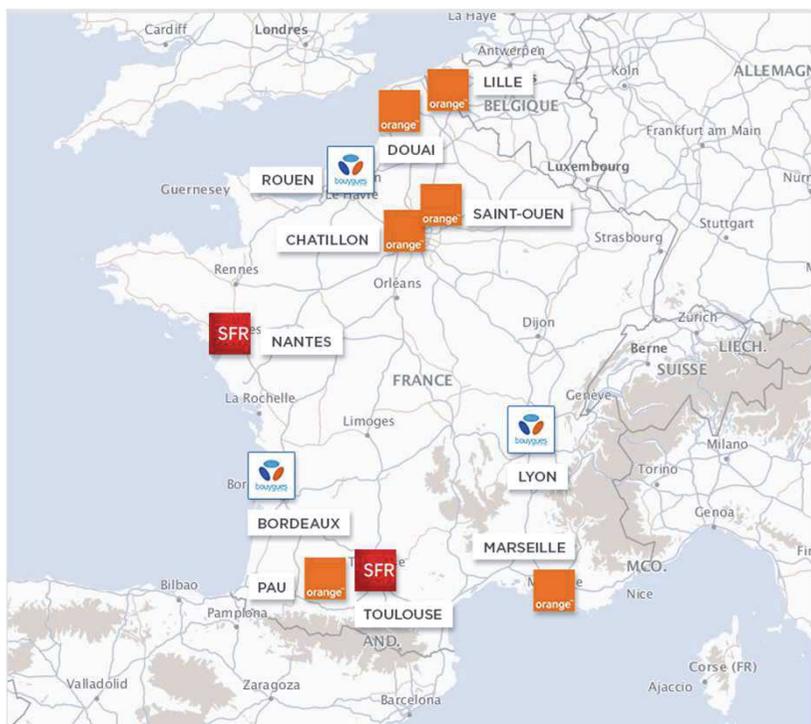
L'exposition varie davantage dans le temps et l'espace qu'en 2G-3G-4G

# 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

Mesures encore limitées : sans trafic, puis avec faisceau bloqué

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

Nécessité d'approfondir les mesures

- 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

# Indicateur de l'exposition

- La mesure à la sonde large bande sera moins représentative du fait de fortes variabilités spatiales et temporelles
- **Le niveau d'exposition dépend des usages**

## Proposition de charge 5G représentative (bande 3,4 – 3,8 GHz)

**1 Go de donnée par direction toutes les 6 minutes avec un débit moyen de 500 Mbps**

Hypothèses : en moyenne, 8 faisceaux actifs et utilisation de la ressource 12 h par jour

### Implications :

- Un faisceau s'aligne dans cette direction en moyenne 15 s toutes les 6 mn (4 % du temps)
- L'équivalent d'un secteur 4G reçoit en moyenne 8 Go toutes les 6 mn, soit 960 Go par jour
- Si ce secteur comporte 1 000 utilisateurs, en moyenne **28 Go par mois par utilisateur**

**Facteur de réduction de 13,5 dB par rapport à la puissance maximale théorique pour prendre en compte la variabilité du trafic**

**L'indicateur sera confronté aux mesures de l'exposition réalisées sur le terrain, pour les réseaux commerciaux 5G (révision possible si nécessaire)**

# Calcul simple de l'exposition en 5G dans la bande 3,4 – 3,8 GHz

4G	Actuelle	Future
Puissance	60 W	160 W
Gain	18 dBi	18 dBi
Atténuation sur 6 minutes	- 4 dB	- 4 dB
Vitrage	- 2 dB	- 2 dB
<b>E estimé à 100 m</b>	<b>1,7 V/m</b>	<b>2,8 V/m</b>

5G	Future
Puissance	200 W
Gain	24 dBi
Atténuation sur 6 minutes	- 13,5 dB
Vitrage	- 2 dB
TDD	- 1,25 dB
<b>E estimé à 100 m</b>	<b>1,8 V/m</b>

Estimations valables dans la direction principale de l'antenne 4G : les niveaux d'exposition sont similaires en 5G et 4G alors que la bande de fréquence est plus importante en 5G offrant plus de débit.

Avec la 5G, atténuations spatiale et temporelle plus fortes, liées aux changements de direction fréquents du faisceau

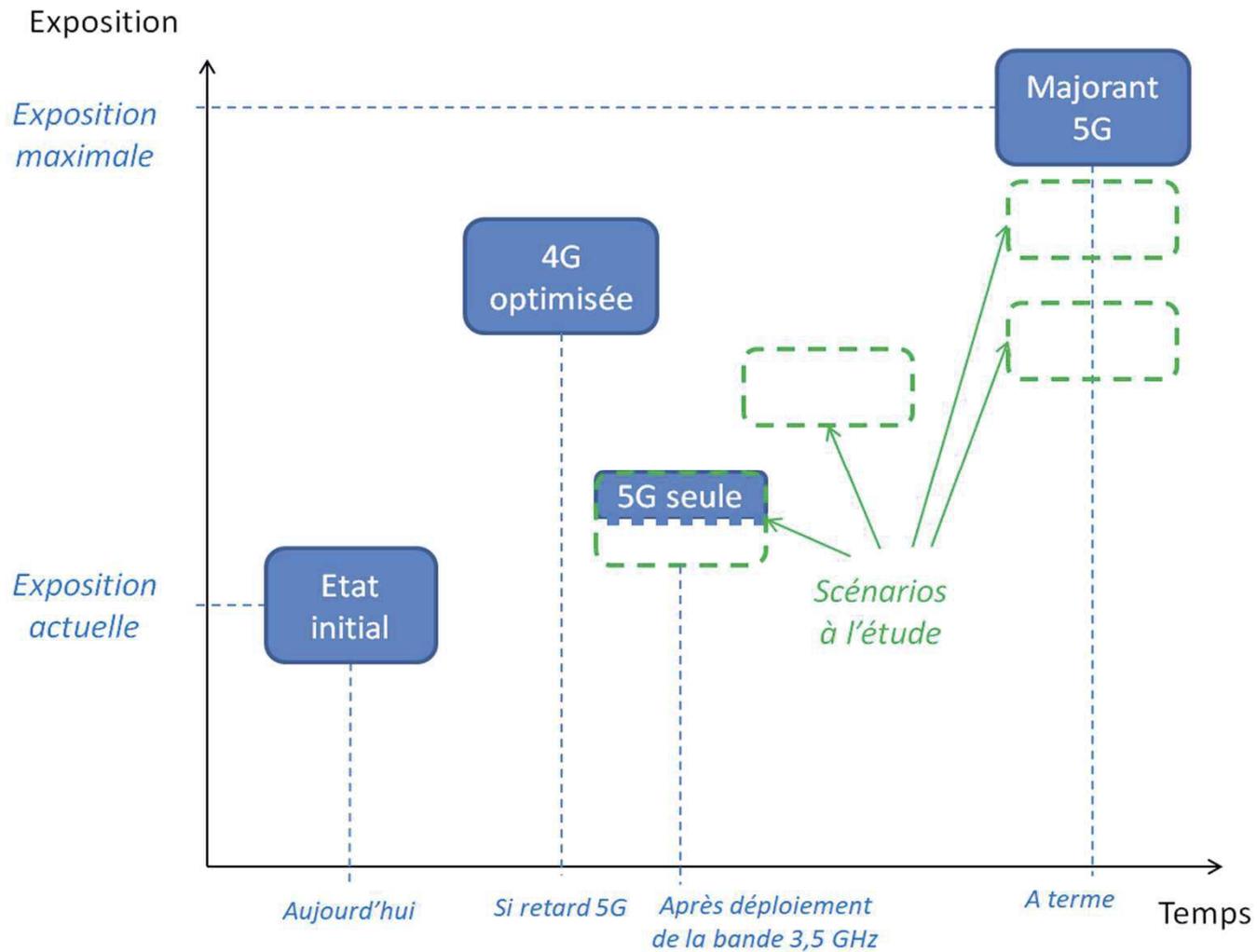
Statistiquement, plus de bâtiments seront interceptés par les faisceaux en 5G

# Simulation de l'évolution de l'exposition dans un environnement urbain très dense (Paris XIV)

La simulation numérique permet d'étudier l'évolution de l'exposition en fonction de scénarios d'évolution des réseaux de téléphonie mobile.

- **scénario « Etat initial »** : état actuel des réseaux mobiles dans l'arrondissement, combinaison de technologies 2G, 3G et 4G ;
- **scénario « 4G optimisée »** : optimisation ultime de la 4G pour qu'elle soit en mesure d'absorber à moyen terme l'augmentation du trafic, sans déploiement de la 5G ;
- **scénario « Majorant 5G »**: combinaison des scénarios « 4G optimisée » et « 5G seule » de manière à avoir des résultats dans une situation théorique de « pire cas », où les valeurs simulées ne seront a priori jamais atteintes dans la réalité. Ce scénario a pour avantage de borner les niveaux d'exposition simulés avec un majorant raisonnable.

# Les différents scénarios



# Conclusions intermédiaires

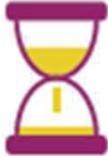
Le scénario « **4G optimisée** » met en évidence que, en l'absence de déploiement de la 5G, l'exposition du public aux ondes continuera malgré tout de s'accroître, +70 % par rapport à la situation actuelle.

Le scénario « **Majorant 5G** » permet de constater que, dans une configuration poussée à son maximum, les niveaux d'exposition augmentent nettement sans pour autant atteindre des niveaux de rupture par rapport à ceux jusqu'ici observés.

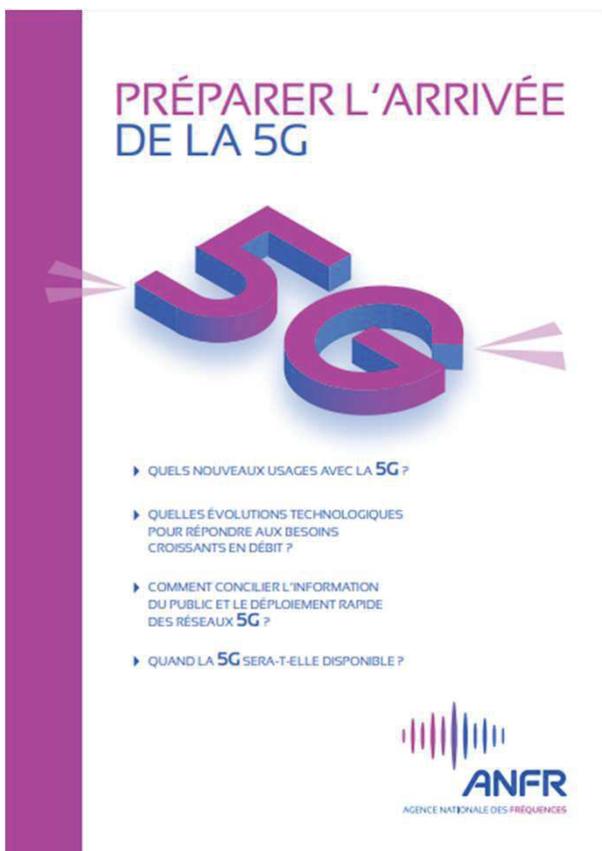
Il fait apparaître une augmentation de l'exposition moyenne de l'ordre de 30 % par rapport au scénario « 4G optimisée » alors que la mise en œuvre de la nouvelle bande 3,5 GHz aura simultanément fait croître la dotation en fréquences des opérateurs de 50 %.

# Recommandations de l'État

## Radiofréquences.gouv.fr

<h3>Utiliser un kit mains-libres ou le haut parleur</h3>  <p>En éloignant le téléphone mobile de la tête, un kit mains-libres ou le haut parleur permettent de diminuer son exposition aux ondes.</p>	<h3>Éviter les conversations trop longues</h3>  <p>Une communication prolongée augmente la durée d'exposition aux ondes.</p>	<h3>Privilégier les messages texte pour communiquer</h3> <p>Salut !</p> <p>Ça va ?</p> <p>En privilégiant des messages texte (messages instantanés, SMS, courriels...), un téléphone émet moins d'ondes, car il se connecte à l'antenne relais la plus proche uniquement le temps d'envoyer le message.</p>
<h3>Éviter de maintenir votre téléphone à l'oreille dans les transports</h3>  <p>Lors d'un appel en transports, le téléphone entre successivement en relation avec différentes antennes-relais et peut élever sa puissance au niveau maximum pour les rechercher.</p>	<h3>Privilégier les zones de bonne réception</h3>  <p>Lorsque la réception est bonne, le téléphone diminue sa puissance d'émission au minimum nécessaire pour assurer une bonne liaison. Le nombre de barrettes affiché par le téléphone informe sur la qualité de la réception : plus il y en a, mieux c'est !</p>	<h3>Choisir un téléphone mobile ayant un DAS faible</h3>  <p>Le DAS, ou débit d'absorption spécifique, quantifie l'exposition du corps humain aux ondes émises par un téléphone mobile. Tous les mobiles commercialisés en France ont l'obligation réglementaire d'avoir un DAS inférieur à 2 W/kg.</p>

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/telephone-mobile-bons-comportements>



## Brochure 5G

[https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/5G/ANFR\\_5G.pdf](https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/5G/ANFR_5G.pdf)

## Rapports 5G

Volet 1: présentation générale de la 5G

<https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/espace/CND/Rapport-ANFR-presentation-generale-5G.pdf>

Volet 2 : Premiers résultats de mesures sur les pilotes 5G

<https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/espace/CND/Rapport-ANFR-resultats-mesures-pilotes-5G.pdf>

Simulation de l'évolution de l'exposition dans un environnement urbain très dense (Paris XIV)

<https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/espace/rapport-paris14-v1.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](http://www.anfr.fr)