



# RAPPORT DE SIMULATION DE L'EXPOSITION

Selon les lignes directrices nationales  
ANFR du 23 décembre 2015 mises à jour en septembre 2019  
par l'Agence nationale des fréquences

**Nom du site :**  
RENNES\_GUEHENNO\_NEW

**Référence du rapport de simulation :**  
00082137Q22-22

**Commune :**  
RENNES

**Adresse de l'installation :**  
83-87 Jean Guéhenno

DOR Ouest,  
5 rue Moulin de la Garde 44331 NANTES CEDEX 3

**20/02/2024**

# Sommaire

1. Objet du rapport
2. Synthèse
3. Description du projet
4. Plan de situation
5. Caractéristiques de l'installation
6. Résultats de simulation
7. Conclusion

# Objet du rapport

L'objet du document est de présenter les résultats de la simulation en intérieur de l'exposition aux ondes des antennes à faisceau fixe et des antennes à faisceaux\_orientables émises par le projet d'installation radioélectrique située 83-87 Jean Guéhenno 35000 RENNES diffusant les technologies dont le détail est explicité dans le chapitre 4 : 3G 900MHz / 4G 700MHz / 4G 800MHz / 4G 1800MHz / 4G 2100MHz / 4G 2600MHz / 5G 3500MHz selon les lignes directrices nationales publiées le 23 décembre 2015 par l'Agence nationale des fréquences et mises à jour en septembre 2019 pour la prise en compte des antennes à faisceaux orientables utilisées notamment en technologie 5G.

Les résultats de la simulation ne valent que pour l'installation spécifiée de l'opérateur Orange.

Une simulation ne peut pas remplacer la mesure du niveau réel d'exposition une fois l'installation en service. Seule une mesure réalisée conformément au protocole de mesure in situ ANFR/DR15-4<sup>1</sup> en vigueur par un laboratoire accrédité par le Comité français d'accréditation (COFRAC) permet de déterminer le niveau d'exposition réel et de vérifier le respect des valeurs limites d'exposition.

<sup>1</sup> Ce protocole de mesures a été publié au Journal Officiel de la République française, n°0271 du 21 novembre 2017 texte n°21, arrêté du 9 novembre 2017 modifiant l'arrêté du 3 novembre 2003 relatif au protocole de mesure in situ visant à vérifier pour les stations émettrices fixes le respect des limitations, en termes de niveaux de référence, de l'exposition du public aux champs électromagnétiques prévu par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002, JORF n°0271 du 21 novembre 2017 .

# Synthèse

L'exposition maximale simulée à 1,5m de hauteur pour le projet de l'installation située au 83-87 Jean Guéhenno 35000 RENNES est comprise entre 3 et 4 V/m pour les antennes à faisceau fixe et entre 0 et 1 V/m pour les antennes à faisceaux\_orientables.

Les simulations ont été réalisées à différentes hauteurs, l'exposition maximale simulée en intérieur pour le projet situé au 83-87 Jean Guéhenno 35000 RENNES est comprise entre 3 V/m et 4 V/m pour les antennes à faisceau fixe et entre 0 V/m et 1 V/m pour les antennes à faisceaux\_orientables.



# Description du projet

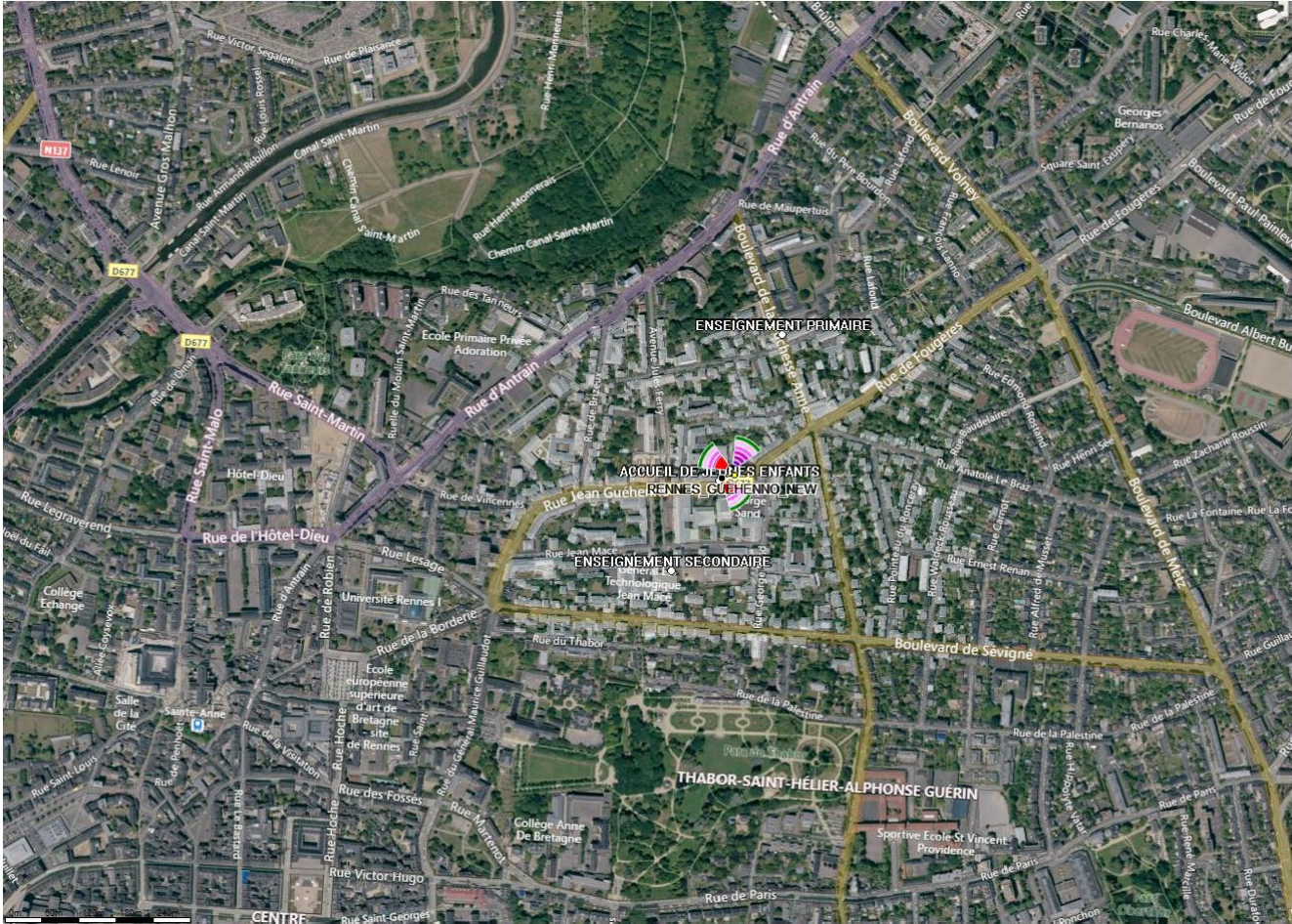
L'installation de cette nouvelle antenne qui vient se substituer à une antenne-relais existante a pour objectif d'assurer de manière permanente et continue l'exploitation du réseau et des services de communications électroniques, dans le périmètre concerné, en conformité avec ses exigences réglementaires.

## Description de l'installation

Coordonnées géographiques (Lambert 2 étendu)	Longitude : X : <b>301 852.00</b> Latitude : Y : <b>2 354 199.00</b>
Adresse	83-87 Jean Guéhenno 35000 RENNES
Nombre d'antennes actives	6
Type	Directive
Systèmes	3G / 4G / 5G
Faisceau fixe / Faisceaux orientables (1)	Faisceau fixe et faisceaux_orientables
Azimuts (en degrés)	1 : <b>30°</b> / 2 : <b>140°</b> / 3 : <b>300°</b> / 4 : <b>30°</b> / 5 : <b>140°</b> / 6 : <b>300°</b>
Bandes de fréquences utilisées	900 MHz / 700 MHz / 800 MHz / 1800 MHz / 2100 MHz / 2600 MHz / 3500 MHz
Altitude au milieu de l'antenne	74.70
Hauteur du support	30.00
Hauteur (hauteur au milieu de l'antenne)	1 : <b>28.70m</b> / 2 : <b>28.70m</b> / 3 : <b>28.70m</b> / 4 : <b>30.20m</b> / 5 : <b>30.20m</b> / 6 : <b>30.20m</b>

<sup>1</sup> Les antennes à faisceaux orientables sont utilisées notamment pour la technologie 5G. Ces antennes formées d'un nombre de plus en plus grand d'antennes élémentaires permettent de diriger la puissance émise en une zone donnée du secteur couvert grâce aux techniques de formation de faisceau (beamforming) offertes par le mMIMO (massive Multiple Input Multiple Output).

# Plan de situation



Fond de carte (photo aérienne), source : bing.

**Liste des établissement(s) particulier(s) situé(s) dans un rayon de 100 mètres de l'installation**

	Type	Nom	Adresse
1	ACCUEIL DE JEUNES ENFANTS		83 RUE JEAN GUEHENNO ,

# Caractéristiques de l'installation

## Antenne 1

Azimut 30°, HMA= 28.70m

Technologie mobile	Fréquence	Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts)	Tilt ou angle d'inclinaison (en degrés)	Antenne à faisceau	Gain maximal (dBi)
3G	900 MHz	40	-3	Fixe	16.90
4G	700 MHz	80	-3	Fixe	15.50
4G	800 MHz	80	-3	Fixe	16.30
4G	1800 MHz	80	-3	Fixe	16.80
4G	2100 MHz	80	-3	Fixe	17.40
4G	2600 MHz	80	-3	Fixe	17.50

## Antenne 2

Azimut 140°, HMA= 28.70m

Technologie mobile	Fréquence	Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts)	Tilt ou angle d'inclinaison (en degrés)	Antenne à faisceau	Gain maximal (dBi)
3G	900 MHz	40	-3	Fixe	16.90
4G	700 MHz	80	-3	Fixe	15.50
4G	800 MHz	80	-3	Fixe	16.30
4G	1800 MHz	80	-3	Fixe	16.80
4G	2100 MHz	80	-3	Fixe	17.40
4G	2600 MHz	80	-3	Fixe	17.50

### Antenne 3

Azimut 300°, HMA= 28.70m

Technologie mobile	Fréquence	Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts)	Tilt ou angle d'inclinaison (en degrés)	Antenne à faisceau	Gain maximal (dBi)
3G	900 MHz	40	-3	Fixe	16.90
4G	700 MHz	80	-3	Fixe	15.50
4G	800 MHz	80	-3	Fixe	16.30
4G	1800 MHz	80	-3	Fixe	16.80
4G	2100 MHz	80	-3	Fixe	17.40
4G	2600 MHz	80	-3	Fixe	17.50

### Antenne 4

Azimut 30°, HMA= 30.20m

Technologie mobile	Fréquence	Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts)	Tilt ou angle d'inclinaison (en degrés)	Antenne à faisceau	Gain maximal (dBi)
5G	3500 MHz	120	-2	Faisceaux_orientables	23.50

### Antenne 5

Azimut 140°, HMA= 30.20m

Technologie mobile	Fréquence	Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts)	Tilt ou angle d'inclinaison (en degrés)	Antenne à faisceau	Gain maximal (dBi)
5G	3500 MHz	120	-2	Faisceaux_orientables	23.50

## Antenne 6

Azimut 300°, HMA= 30.20m

Technologie mobile	Fréquence	Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts)	Tilt ou angle d'inclinaison (en degrés)	Antenne à faisceau	Gain maximal (dBi)
5G	3500 MHz	120	-2	Faisceaux_orientables	23.50

# Résultats de simulation

Dans cette simulation, la présence du bâti est prise en compte.

Les simulations sont réalisées en zone urbaine avec la résolution suivante : 1 m.

Un facteur de réduction sur 6 minutes (de 1,6<sup>2</sup> ou 4 dB) est appliqué au niveau calculé à puissance maximale des émetteurs de téléphonie mobile pour des antennes à faisceau fixe. Cette valeur déterminée par l'Agence nationale des fréquences correspond au facteur médian observé sur les mesures réalisées entre la valeur cumulée extrapolée et la mesure large bande du cas A, quand la téléphonie mobile domine.

Un facteur de réduction sur 6 minutes (de 13,5 dB) est appliqué au niveau calculé à puissance maximale des émetteurs de téléphonie mobile pour des antennes à faisceaux orientables. Ce facteur de réduction correspondant à un balayage du faisceau pendant 4,4 % du temps dans une direction donnée.

Le facteur d'atténuation de duplexage temporel TDD (de 1,25 dB) est appliqué pour les fréquences 3,4 – 3,8 GHz de cette installation.

Les couleurs affichées sur les cartes suivent le code couleur suivant :

Niveau	Couleur
Strictement supérieur à 6 V/m :	Brown
Entre 5 et 6 V/m :	Pink
Entre 4 et 5 V/m :	Orange
Entre 3 et 4 V/m :	Yellow
Entre 2 et 3 V/m :	Green
Entre 1 et 2 V/m :	Blue
Entre 0 et 1 V/m :	Dark Blue

Les simulations à différentes hauteurs par rapport au sol sont réalisées à partir du modèle numérique de terrain de L'IGN 5 m de interpolé au pas de 1 m. Les données utilisées pour le bâti sont fournies par L'IGN, révision .



## Représentation du niveau de champ simulé à 1,5 m par rapport au sol

La simulation à 1,5 m par rapport au sol est réalisée à partir d'un modèle numérique de terrain de 2018 sous réserve de fond de carte plus récent.

### Carte de simulation antenne à faisceau fixe.

À 1,5 m du sol, le niveau maximal simulé en intérieur pour les antennes à faisceau fixe est compris entre 3 et 4 V/m.



Fond de carte (photo aérienne), source : bing. Logiciel de simulation Cellerity, éditeur Orange Labs

Niveau	Couleur
Strictement supérieur à 6 V/m :	Brown
Entre 5 et 6 V/m :	Pink
Entre 4 et 5 V/m :	Orange
Entre 3 et 4 V/m :	Yellow
Entre 2 et 3 V/m :	Green
Entre 1 et 2 V/m :	Light Blue
Entre 0 et 1 V/m :	Dark Blue



## Carte de simulation antenne à faisceaux orientables.

À 1,5 m du sol, le niveau maximal simulé en intérieur pour les antennes à faisceaux orientables est compris entre 0 et 1 V/m.



Fond de carte (photo aérienne), source : bing. Logiciel de simulation Cellerity, éditeur Orange Labs

Niveau	Couleur
Strictement supérieur à 6 V/m :	Brown
Entre 5 et 6 V/m :	Pink
Entre 4 et 5 V/m :	Orange
Entre 3 et 4 V/m :	Yellow
Entre 2 et 3 V/m :	Green
Entre 1 et 2 V/m :	Light Blue
Entre 0 et 1 V/m :	Dark Blue

## Simulations à différentes hauteurs

Une modélisation est réalisée par antenne.

Pour chacune, l'environnement est différent, l'exposition maximale calculée ainsi que la hauteur correspondante varient d'une antenne à l'autre. Ce projet comporte 6 antennes, 6 simulations ont été réalisées.

### Antenne n°1

Azimut 30°

Pour l'antenne à faisceau fixe d'azimut 30, le niveau maximal calculé est compris entre 2 et 3 V/m. La hauteur correspondante est de 19.50 m.



Fond de carte (photo aérienne), source : bing. Logiciel de simulation Cellerity, éditeur Orange Labs

Niveau	Couleur
Strictement supérieur à 6 V/m :	Brown
Entre 5 et 6 V/m :	Pink
Entre 4 et 5 V/m :	Orange
Entre 3 et 4 V/m :	Yellow
Entre 2 et 3 V/m :	Green
Entre 1 et 2 V/m :	Light Blue
Entre 0 et 1 V/m :	Blue



## Antenne n°2

Azimut 140°

Pour l'antenne à faisceau fixe d'azimut 140, le niveau maximal calculé est compris entre 2 et 3 V/m. La hauteur correspondante est de 19.50 m.



Fond de carte (photo aérienne), source : bing. Logiciel de simulation Cellerty, éditeur Orange Labs

Niveau	Couleur
Strictement supérieur à 6 V/m :	Brown
Entre 5 et 6 V/m :	Pink
Entre 4 et 5 V/m :	Orange
Entre 3 et 4 V/m :	Yellow
Entre 2 et 3 V/m :	Green
Entre 1 et 2 V/m :	Blue
Entre 0 et 1 V/m :	Dark Blue

### Antenne n°3

Azimut 300°

Pour l'antenne à faisceau fixe d'azimut 300, le niveau maximal calculé est compris entre 3 et 4 V/m. La hauteur correspondante est de 22.50 m.



Fond de carte (photo aérienne), source : bing. Logiciel de simulation Cellerity, éditeur Orange Labs

Niveau	Couleur
Strictement supérieur à 6 V/m :	Brown
Entre 5 et 6 V/m :	Pink
Entre 4 et 5 V/m :	Orange
Entre 3 et 4 V/m :	Yellow
Entre 2 et 3 V/m :	Green
Entre 1 et 2 V/m :	Light Blue
Entre 0 et 1 V/m :	Dark Blue



## Antenne n°4

Azimut 30°

Pour l'antenne à faisceaux orientables d'azimut 30, le niveau maximal calculé est compris entre 0 et 1 V/m. La hauteur correspondante est de 19.50 m.



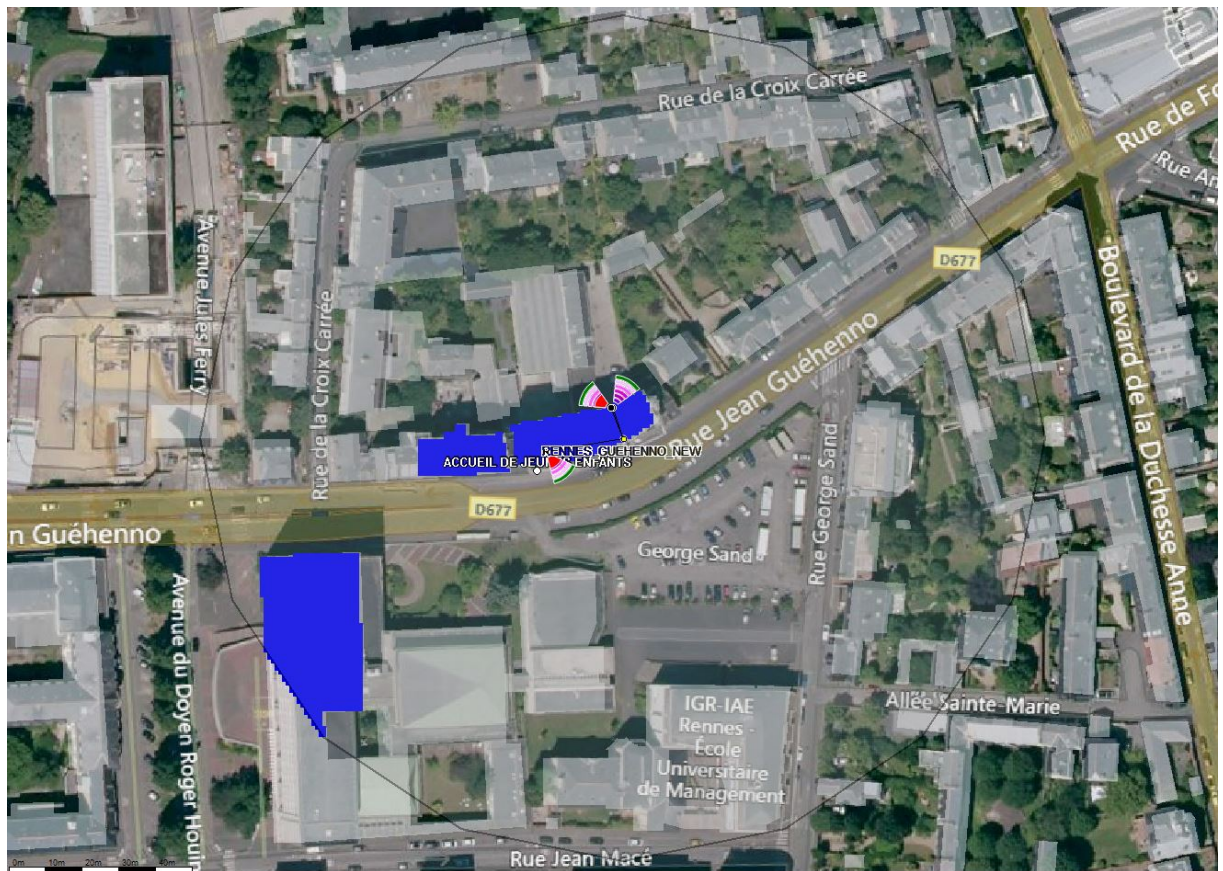
Fond de carte (photo aérienne), source : bing. Logiciel de simulation Cellerity, éditeur Orange Labs

Niveau	Couleur
Strictement supérieur à 6 V/m :	Brown
Entre 5 et 6 V/m :	Pink
Entre 4 et 5 V/m :	Orange
Entre 3 et 4 V/m :	Yellow
Entre 2 et 3 V/m :	Green
Entre 1 et 2 V/m :	Light Blue
Entre 0 et 1 V/m :	Dark Blue

## Antenne n°5

Azimut 140°

Pour l'antenne à faisceaux orientables d'azimut 140, le niveau maximal calculé est compris entre 0 et 1 V/m. La hauteur correspondante est de 19.50 m.



Fond de carte (photo aérienne), source : bing. Logiciel de simulation Cellerity, éditeur Orange Labs

Niveau	Couleur
Strictement supérieur à 6 V/m :	Brown
Entre 5 et 6 V/m :	Pink
Entre 4 et 5 V/m :	Yellow
Entre 3 et 4 V/m :	Light Green
Entre 2 et 3 V/m :	Green
Entre 1 et 2 V/m :	Blue
Entre 0 et 1 V/m :	Dark Blue



## Antenne n°6

Azimut 300°

Pour l'antenne à faisceaux orientables d'azimut 300, le niveau maximal calculé est compris entre 0 et 1 V/m. La hauteur correspondante est de 19.50 m.



Fond de carte (photo aérienne), source : bing. Logiciel de simulation Cellerity, éditeur Orange Labs

Niveau	Couleur
Strictement supérieur à 6 V/m :	Brown
Entre 5 et 6 V/m :	Pink
Entre 4 et 5 V/m :	Orange
Entre 3 et 4 V/m :	Yellow
Entre 2 et 3 V/m :	Green
Entre 1 et 2 V/m :	Light Blue
Entre 0 et 1 V/m :	Dark Blue

# Conclusion

L'exposition maximale simulée à 1,5 m de hauteur pour le projet d'implantation de l'installation située 83-87 Jean Guéhenno est comprise entre 3 et 4 V/m, pour les antennes à faisceau fixe et entre 0 et 1 V/m, pour les antennes à faisceaux orientables.

Les simulations en espace libre avec bâti simple vitrage indiquent les niveaux maximums en intérieur par antenne à faisceau fixe :

	Azimut 30°	Azimut 140°	Azimut 300°
Niveau Maximal (V/m)	entre 2 et 3	entre 2 et 3	entre 3 et 4
Hauteur (en m)	19.50	19.50	22.50

Les simulations en espace libre avec bâti simple vitrage indiquent les niveaux maximums en intérieur par antenne à faisceaux orientables :

	Azimut 30°	Azimut 140°	Azimut 300°
Niveau Maximal (V/m)	entre 0 et 1	entre 0 et 1	entre 0 et 1
Hauteur (en m)	19.50	19.50	19.50