



# 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 :**  
TOURS\_CARCASSONNE

**Référence du rapport de simulation :**  
00000228N17-21

**Commune :**  
TOURS

**Adresse de l'installation :**  
2-4 rue Benjamin Franklin

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

**13/05/2025**

# 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 2-4 rue Benjamin Franklin 37200 TOURS diffusant les technologies dont le détail est explicité dans le chapitre 4 : 2G 900MHz / 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 2-4 rue Benjamin Franklin 37200 TOURS est comprise entre 1 et 2 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 2-4 rue Benjamin Franklin 37200 TOURS est comprise entre 4 V/m et 5 V/m pour les antennes à faisceau fixe et entre 1 V/m et 2 V/m pour les antennes à faisceaux\_orientables.

# Description du projet

L'évolution de cette antenne-relais a pour objectif de permettre une amélioration significative du débit du réseau mobile grâce à l'introduction de l'Ultra Haut Débit Mobile ORANGE. La 5G offrira la rapidité et la capacité en données nécessaires au développement de nouvelles générations d'applications et de services. Ce dossier est réalisé conformément aux recommandations de l'ANFR.

## Description de l'installation

|  |   |
|--|---|
| Coordonnées géographiques (Lambert 2 étendu) | Longitude : X : <b>476 030.00</b> Latitude : Y : <b>2 269 451.00</b>  |
| Adresse                                      | 2-4 rue Benjamin Franklin 37200 TOURS   |
| Nombre d'antennes actives                    | 6   |
| Type   | Directive   |
| Systèmes                                     | 2G / 3G / 4G / 5G   |
| Faisceau fixe / Faisceaux orientables (1)    | Faisceau fixe et faisceaux_orientables  |
| Azimuts (en degrés)                          | 1 : <b>30°</b> / 2 : <b>150°</b> / 3 : <b>270°</b> / 4 : <b>30°</b> / 5 : <b>150°</b> / 6 : <b>270°</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              | 121.04  |
| Hauteur du support                           | 21.25   |
| Hauteur (hauteur au milieu de l'antenne)     | 1 : <b>24.04m</b> / 2 : <b>24.04m</b> / 3 : <b>24.04m</b> / 4 : <b>24.33m</b> / 5 : <b>24.33m</b> / 6 : <b>24.33m</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).



# Caractéristiques de l'installation

## Antenne 1

Azimut 30°, HMA= 24.04m

| Technologie mobile | Fréquence | Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts) | Tilt ou angle d'inclinaison (en degrés) | Antenne à faisceau | Gain maximal (dBi) |
|--------------------|-----------|--|---|--------------------|--------------------|
| 2G                 | 900 MHz   | 20   | -5                                      | Fixe               | 15.60              |
| 3G                 | 900 MHz   | 40   | -5                                      | Fixe               | 15.60              |
| 4G                 | 700 MHz   | 80   | -5                                      | Fixe               | 14.20              |
| 4G                 | 800 MHz   | 80   | -5                                      | Fixe               | 15.30              |
| 4G                 | 1800 MHz  | 80   | -5                                      | Fixe               | 16.70              |
| 4G                 | 2100 MHz  | 80   | -5                                      | Fixe               | 17.10              |
| 4G                 | 2600 MHz  | 80   | -5                                      | Fixe               | 16.80              |

## Antenne 2

Azimut 150°, HMA= 24.04m

| Technologie mobile | Fréquence | Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts) | Tilt ou angle d'inclinaison (en degrés) | Antenne à faisceau | Gain maximal (dBi) |
|--------------------|-----------|--|---|--------------------|--------------------|
| 2G                 | 900 MHz   | 20   | -6                                      | Fixe               | 15.60              |
| 3G                 | 900 MHz   | 40   | -6                                      | Fixe               | 15.60              |
| 4G                 | 700 MHz   | 80   | -7                                      | Fixe               | 14.20              |
| 4G                 | 800 MHz   | 80   | -7                                      | Fixe               | 15.30              |
| 4G                 | 1800 MHz  | 80   | -6                                      | Fixe               | 16.70              |
| 4G                 | 2100 MHz  | 80   | -6                                      | Fixe               | 17.10              |
| 4G                 | 2600 MHz  | 80   | -6                                      | Fixe               | 16.80              |

### Antenne 3

Azimut 270°, HMA= 24.04m

| Technologie mobile | Fréquence | Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts) | Tilt ou angle d'inclinaison (en degrés) | Antenne à faisceau | Gain maximal (dBi) |
|--------------------|-----------|--|---|--------------------|--------------------|
| 2G                 | 900 MHz   | 20   | -6                                      | Fixe               | 15.60              |
| 3G                 | 900 MHz   | 40   | -6                                      | Fixe               | 15.60              |
| 4G                 | 700 MHz   | 80   | -7                                      | Fixe               | 14.20              |
| 4G                 | 800 MHz   | 80   | -7                                      | Fixe               | 15.30              |
| 4G                 | 1800 MHz  | 80   | -6                                      | Fixe               | 16.70              |
| 4G                 | 2100 MHz  | 80   | -6                                      | Fixe               | 17.10              |
| 4G                 | 2600 MHz  | 80   | -6                                      | Fixe               | 16.80              |

### Antenne 4

Azimut 30°, HMA= 24.33m

| 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 150°, HMA= 24.33m

| 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 270°, HMA= 24.33m

| 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 rurale 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 : |  |
| Entre 5 et 6 V/m :              |  |
| Entre 4 et 5 V/m :              |  |
| Entre 3 et 4 V/m :              |  |
| Entre 2 et 3 V/m :              |  |
| Entre 1 et 2 V/m :              |  |
| Entre 0 et 1 V/m :              |  |

Les simulations à différentes hauteurs par rapport au sol sont réalisées à partir du modèle numérique de terrain de L'IGN 5 m de 0 interpolé au pas de 1 m. Les données utilisées pour le bâti sont fournies par L'IGN, révision 0.





## Simulations à différentes hauteurs

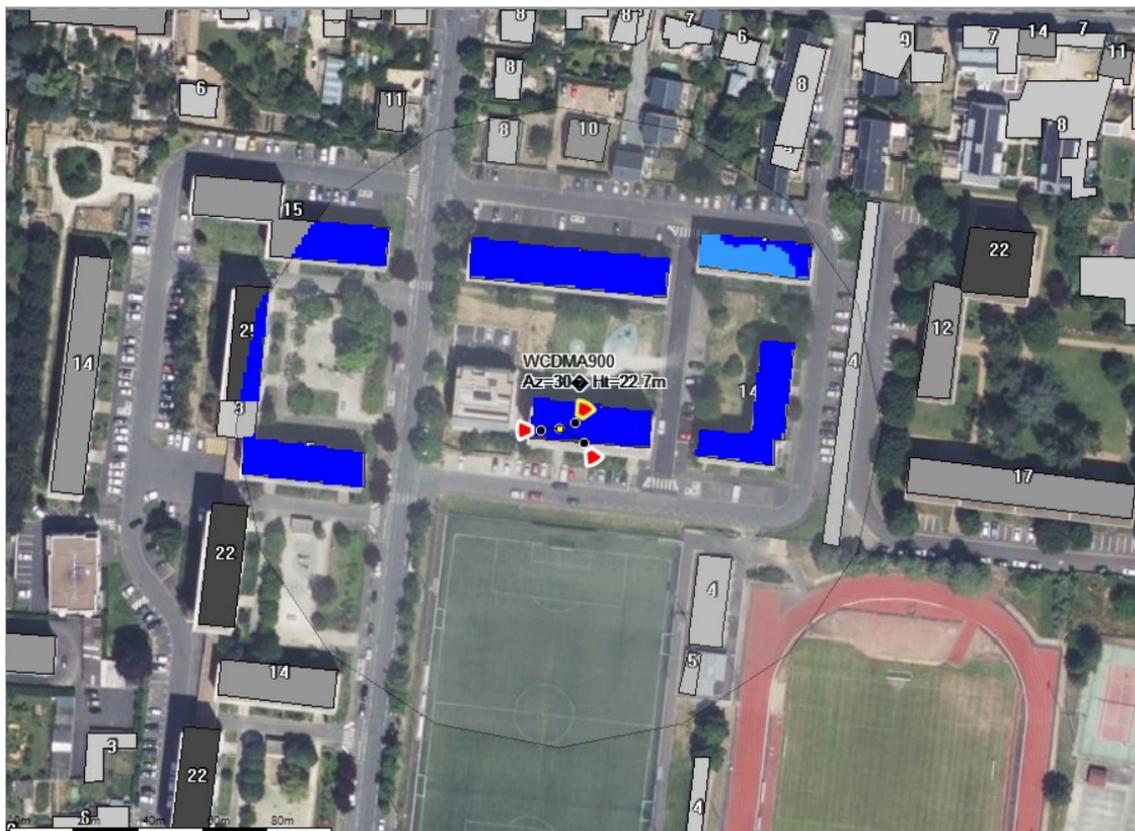
Une modélisation est réalisée par antenne.

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 1 et 2 V/m. La hauteur correspondante est de 10.50 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°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 10.50 m.



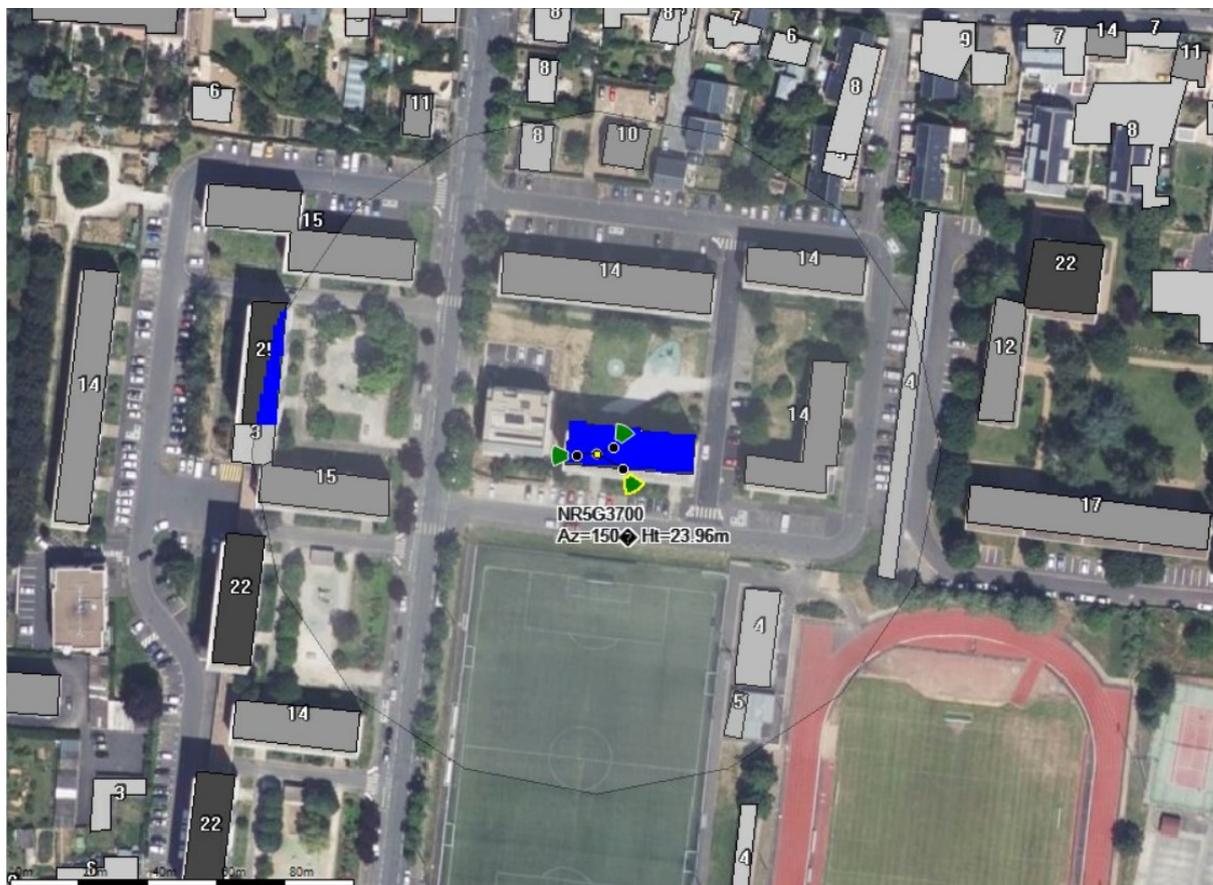
Fond de carte (photo aérienne), source : bing. Logiciel de simulation Cellerity, éditeur Orange Labs

| 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°5

Azimut 150°

Pour l'antenne à faisceaux orientables d'azimut 150, le niveau maximal calculé est compris entre 0 et 1 V/m. La hauteur correspondante est de 16.50 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 2-4 rue Benjamin Franklin est comprise entre 1 et 2 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 150°  | Azimut 270°  |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| Niveau Maximal (V/m) | entre 1 et 2 | entre 3 et 4 | entre 4 et 5 |
| Hauteur (en m)       | 10.50        | 19.50        | 13.50        |

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

|                      | Azimut 30°   | Azimut 150°  | Azimut 270°  |
|----------------------|--------------|--------------|--------------|
| Niveau Maximal (V/m) | entre 0 et 1 | entre 0 et 1 | entre 1 et 2 |
| Hauteur (en m)       | 10.50        | 16.50        | 19.50        |