# RAPPORT DE SIMULATION DE L'EXPOSITION

Selon les lignes directrices nationales ANFR version 2.0

A partir d'un modèle de terrain 3D

**Référence du rapport de simulation : 14118_070_04**

**Commune : Caen**

**Adresse de l'installation : 6, Rue Lieutenant Louis Renouf 14000 CAEN**

**Ce document comporte 16 pages**

# TABLE DES MATIERES

1. Synthèse ..... 4
2. Description du projet ..... 4
3. Plan de situation ..... 4
4. Caractéristiques de l'installation ..... 6
5. Résultats de simulation ..... 7
   a) Représentation du niveau de champ simulé à 1,5 m par rapport au sol ..... 8
   b) Simulations à différentes hauteurs ..... 10
   c) Conclusions ..... 16

**REVISIONS**

| Indice | Date | Nature des révisions |
|---|---|---|
| 1.0 | 30/10/2026 | Simulation d'exposition aux ondes du relais de téléphonie mobile Free Mobile en 4G et 5G dans un rayon de 100 mètres. |

## Objet du rapport

L'objet du document est de présenter les résultats de la simulation en intérieur de l'exposition aux ondes émises par le projet d'installation radioélectrique située 6 RUE LIEUTENANT LOUIS RENOUF 14000 CAEN diffusant les technologies dont le détail est explicité dans le chapitre 4**,** selon des résultats harmonisés conformément aux lignes directrices nationales[1] publiées en octobre 2019 par l'Agence nationale des fréquences et mises à jour 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 Free Mobile.

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[2] 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.

[1] Cette publication des lignes directrices nationales est prévue à l'article 2 de la loi n°2015-136 du 9 février 2015 qui dispose que « *dans un délai de six mois à compter de la promulgation de la présente loi, l'Agence nationale des fréquences publie des lignes directrices nationales, en vue d'harmoniser la présentation des résultats issus des simulations de l'exposition générée par l'implantation d'une installation radioélectrique* ».

[2] Ce protocole de mesures a été publié au Journal Officiel de la République française, n°0256 du 4 novembre 2015 page 20597 texte n°34, *Arrêté du 23 octobre 2015 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°0256 du 4 novembre 2015*.

## 1. Synthèse

*Le niveau maximal simulé à une hauteur de 1,50 m par rapport au sol est compris entre 1 et 2 V/m pour les antennes à faisceau fixe et entre 1 et 2 V/m pour les antennes à faisceaux orientables.*

*L'exposition maximale simulée pour le projet d'implantation de l'installation située 6 RUE LIEUTENANT LOUIS RENOUF 14000 CAEN est comprise entre :*

- *entre 1 et 2 V/m pour les antennes à faisceau fixe et entre 2 et 3 V/m pour les antennes à faisceaux orientables pour l'azimut 110°*
- *entre 1 et 2 V/m pour les antennes à faisceau fixe et entre 3 et 4 V/m pour les antennes à faisceaux orientables pour l'azimut 230°*
- *entre 1 et 2 V/m pour les antennes à faisceau fixe et entre 2 et 3 V/m pour les antennes à faisceaux orientables pour l'azimut 320°*

*Le niveau maximal d'exposition simulé à 1,5 m de hauteur dans les établissements particuliers situés dans un rayon de 200 m autour de l'installation projetée est compris entre 0 et 1 V/m (4 établissements particuliers dans la zone d'étude).*

## 2. Description du projet

Le projet d'implantation de l'installation située 6, rue Lieutenant Louis Renouf 14000 CAEN permettra de déployer et d'exploiter son réseau 4G / 5G (partage dynamique de la bande ou DSS) et 5G dans la bande 3500 MHz afin de desservir les abonnés du secteur.

Les fréquences déployées sont les suivantes : 700 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz, 2600 MHz et 3500 MHz.

### 3. Plan de situation




**[Source fond de carte : Bing Maps]**

**<u>Liste des établissements particuliers dont l'emprise est située dans un rayon de 200 m</u>**

| | *type* | *nom* | *adresse* |
|---|---|---|---|
| ***1*** | *ACCUEIL JEUNES ENFANTS* | *ACCUEIL JEUNES ENFANTS_14_21* | *121 AVENUE CAP GEORGES GUYNEMER 14118 CAEN* |
| ***2*** | *ECOLE MATERNELLE* | *ECOLE MATERNELLE GUYNEMER_14* | *121 AVENUE GUYNEMER 14118 CAEN* |
| ***3*** | *MAISON DE QUARTIER* | *MAISON DE QUARTIER SAINTE THERESE* | *12 RUE CHANOINE VAUTIER 14118 CAEN* |
| ***4*** | *GYMNASE* | *LEPINE GYMNASE* | *8 RUE CHANOINE VAUTIER 14118 CAEN* |

## 4. Caractéristiques de l'installation

| | Description de l'installation | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Coordonnées géo(EPSG:27572)** | X | | | Y | | |
| | 404534.14 | | | 2466755.8 | | |
| **Altitude (NGF)** | 34 m | | | | | |
| **Hauteur du support** | 51.49 m | | | | | |
| **Nombre d'antennes** | 3 | | | | | |
| **Type** | Directives / Panoramiques | | | | | |
| **Azimut 1** | 110° | | | | | |
| **Hauteur milieu de l'antenne** | 16.35 m | 16.35 m | 16.35 m | 16.35 m | 16.35 m | 17.35 m |
| **Systèmes** | 5G | 4G | 4G | 4G | 4G | 5G |
| **Fixes / Orientables** | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau orientable |
| **Bande de fréquence (MHz)** | 700 | 900 | 1800 | 2100 | 2600 | 3500 |
| **Puissance maximale en entrée d'antenne (W)** | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 199.5 |
| **Gain d'antenne max (dBi)** | 15.77 | 17.06 | 17.51 | 17.23 | 17.83 | 30 |
| **Angles d'inclinaison (°)** | 6° | 6° | 4° | 4° | 4° | 6° |
| **Azimut 2** | 230° | | | | | |
| **Hauteur milieu de l'antenne** | 16.44 m | 16.44 m | 16.44 m | 16.44 m | 16.44 m | 17.49 m |
| **Systèmes** | 5G | 4G | 4G | 4G | 4G | 5G |
| **Fixes / Orientables** | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau orientable |
| **Bande de fréquence (MHz)** | 700 | 900 | 1800 | 2100 | 2600 | 3500 |
| **Puissance maximale en entrée d'antenne (W)** | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 199.5 |
| **Gain d'antenne max (dBi)** | 15.77 | 17.06 | 17.51 | 17.23 | 17.83 | 30 |
| **Angles d'inclinaison (°)** | 6° | 6° | 4° | 4° | 4° | 6° |
| **Azimut 3** | 320° | | | | | |
| **Hauteur milieu de l'antenne** | 16.35 m | 16.35 m | 16.35 m | 16.35 m | 16.35 m | 17.35 m |
| **Systèmes** | 5G | 4G | 4G | 4G | 4G | 5G |
| **Fixes / Orientables** | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau fixe | Faisceau orientable |
| **Bande de fréquence (MHz)** | 700 | 900 | 1800 | 2100 | 2600 | 3500 |
| **Puissance maximale en entrée d'antenne (W)** | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 199.5 |
| **Gain d'antenne max (dBi)** | 15.77 | 17.06 | 17.51 | 17.23 | 17.83 | 30 |
| **Angles d'inclinaison (°)** | 6° | 6° | 4° | 4° | 4° | 6° |

## 5. Résultats de simulation

La simulation est réalisée en espace libre pour différentes hauteurs, sans tenir compte des effets dus au bâti (réflexion, réfraction, diffraction, masquage, angle d'incidence de l'onde).

Les valeurs présentées correspondent au niveau cumulé de l'exposition en intérieur exprimées en volts par mètre (V/m) aux ondes émises par l'installation située 6 RUE LIEUTENANT LOUIS RENOUF 14000 CAEN avec un abaissement de 20% correspondant à l'atténuation due à un simple vitrage.

Les simulations sont réalisées en zone urbaine avec la résolution suivante : 3 m.

Les facteurs de réduction suivants s'appliquent pour cette installation :

Un facteur de réduction sur 6 minutes de 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 3500  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 :** | |

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

La simulation à 1,5 m par rapport au sol a été réalisée à partir du modèle numérique de terrain interpolé au pas de 5m.

**À 1,5 m du sol, le niveau maximal simulé pour les antennes à faisceau fixe est compris entre 1 et 2 V/m**

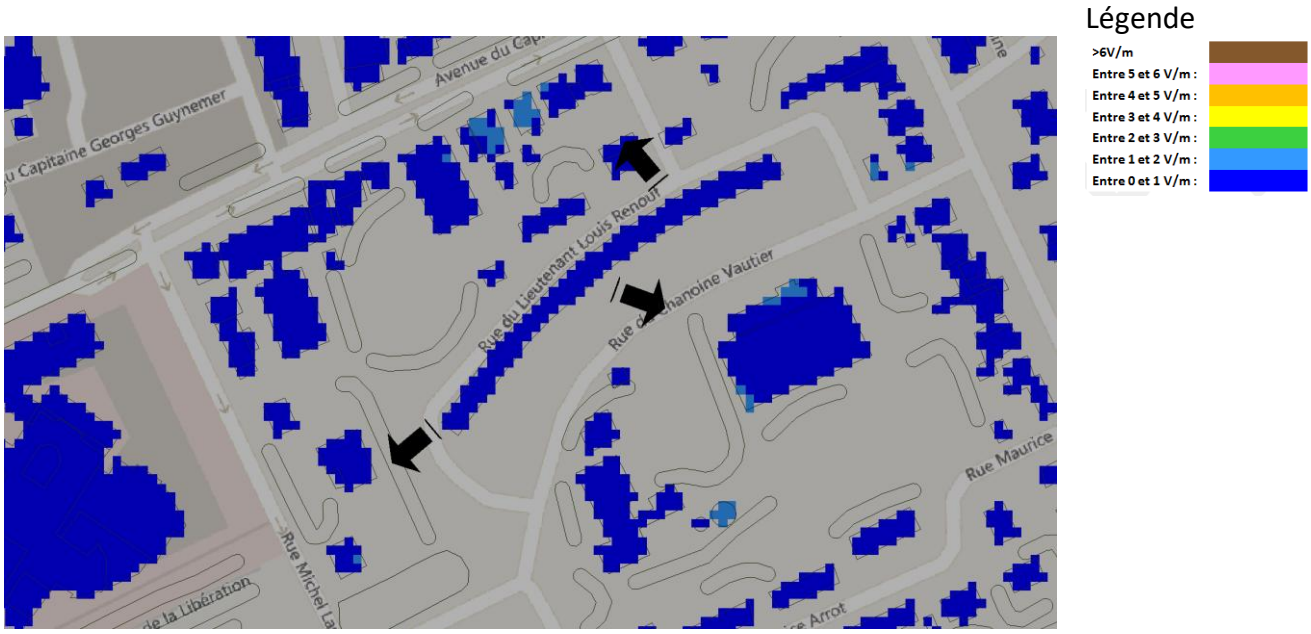



**[Source fond de carte : Bing Maps]**
**[Logiciel de simulation : S_EMF SIRADEL]**

**<u>Exposition simulée au niveau des établissements particuliers dont l'emprise est située dans un rayon de 200 m</u>**

| | *type* | *nom* | *adresse* | *niveau estimé* |
|---|---|---|---|---|
| ***1*** | *ACCUEIL JEUNES ENFANTS* | *ACCUEIL JEUNES ENFANTS_14_21* | *121 AVENUE CAP GEORGES GUYNEMER 14118 CAEN* | *entre 0 et 1 V/m* |
| ***2*** | *ECOLE MATERNELLE* | *ECOLE MATERNELLE GUYNEMER_14* | *121 AVENUE GUYNEMER 14118 CAEN* | *entre 0 et 1 V/m* |
| ***3*** | *MAISON DE QUARTIER* | *MAISON DE QUARTIER SAINTE THERESE* | *8 RUE CHANOINE VAUTIER 14118 CAEN* | *entre 0 et 1 V/m* |
| ***4*** | *GYMNASE* | *LEPINE GYMNASE* | *12 RUE CHANOINE VAUTIER 14118 CAEN* | *entre 0 et 1 V/m* |

**À 1,5 m du sol, le niveau maximal simulé pour les antennes à faisceaux orientables est compris entre 1 et 2 V/m**




**[Source fond de carte : Bing Maps]**
**[Logiciel de simulation : S_EMF SIRADEL]**

**<u>Exposition simulée au niveau des établissements particuliers dont l'emprise est située dans un rayon de 200 m</u>**

| | *type* | *nom* | *adresse* | *niveau estimé* |
|---|---|---|---|---|
| ***1*** | *ACCUEIL JEUNES ENFANTS* | *ACCUEIL JEUNES ENFANTS_14_21* | *121 AVENUE CAP GEORGES GUYNEMER 14118 CAEN* | *entre 0 et 1 V/m* |
| ***2*** | *ECOLE MATERNELLE* | *ECOLE MATERNELLE GUYNEMER_14* | *121 AVENUE GUYNEMER 14118 CAEN* | *entre 0 et 1 V/m* |
| ***3*** | *MAISON DE QUARTIER* | *MAISON DE QUARTIER SAINTE THERESE* | *8 RUE CHANOINE VAUTIER 14118 CAEN* | *entre 0 et 1 V/m* |
| ***4*** | *GYMNASE* | *LEPINE GYMNASE* | *12 RUE CHANOINE VAUTIER 14118 CAEN* | *entre 0 et 1 V/m* |

### b) Simulations à différentes hauteurs

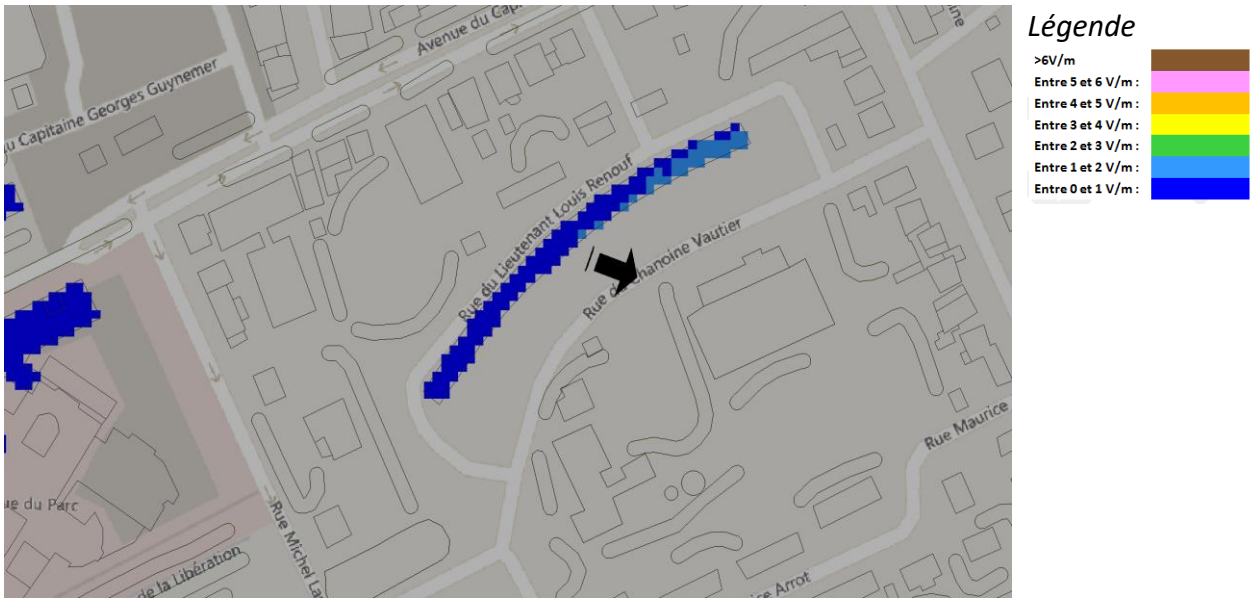
Les antennes projetées sont Directives.

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 3 antennes à faisceau fixe et 3 antennes à faisceaux orientables, 6 simulations ont été réalisées.

La simulation à 1,5 m par rapport au sol a été réalisée à partir du modèle numérique de terrain interpolé au pas de 5m.

*a. Azimut 110°: antennes fixes*

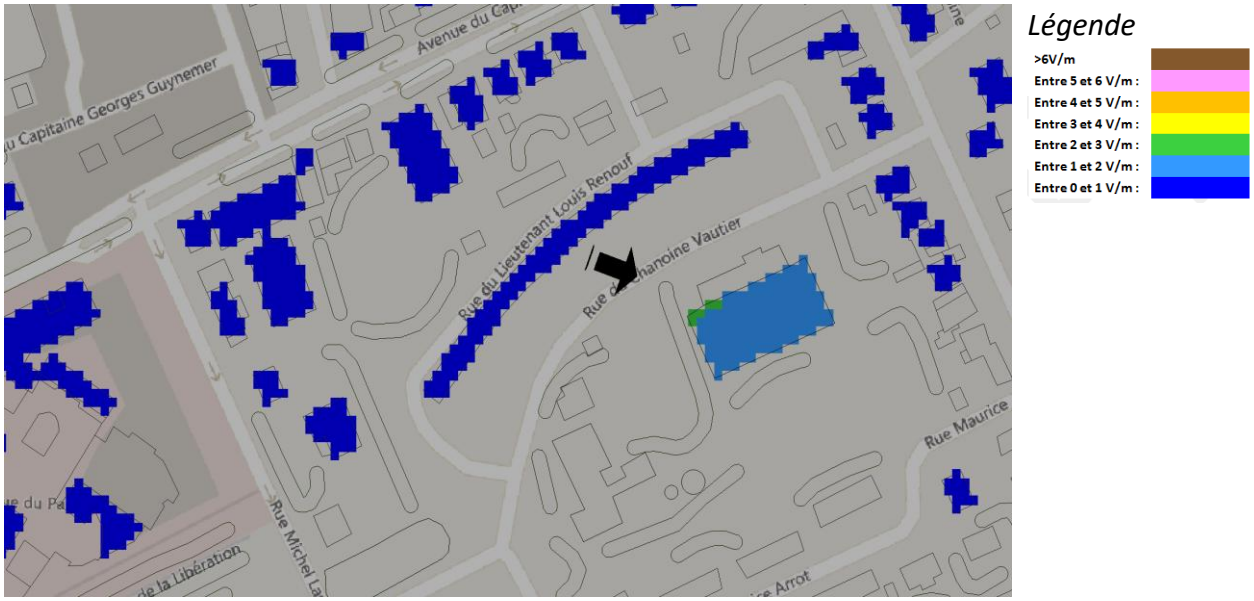
***Pour les antennes à faisceau fixe orientées dans l'azimut 110°, le niveau maximal calculé est compris entre 1 et 2 V/m . La hauteur correspondante est de 13.5 m .***




**[Source fond de carte : Bing Maps]**
**[Logiciel de simulation : S_EMF SIRADEL]**

*b. Azimut 110°: antennes à faisceau orientable*

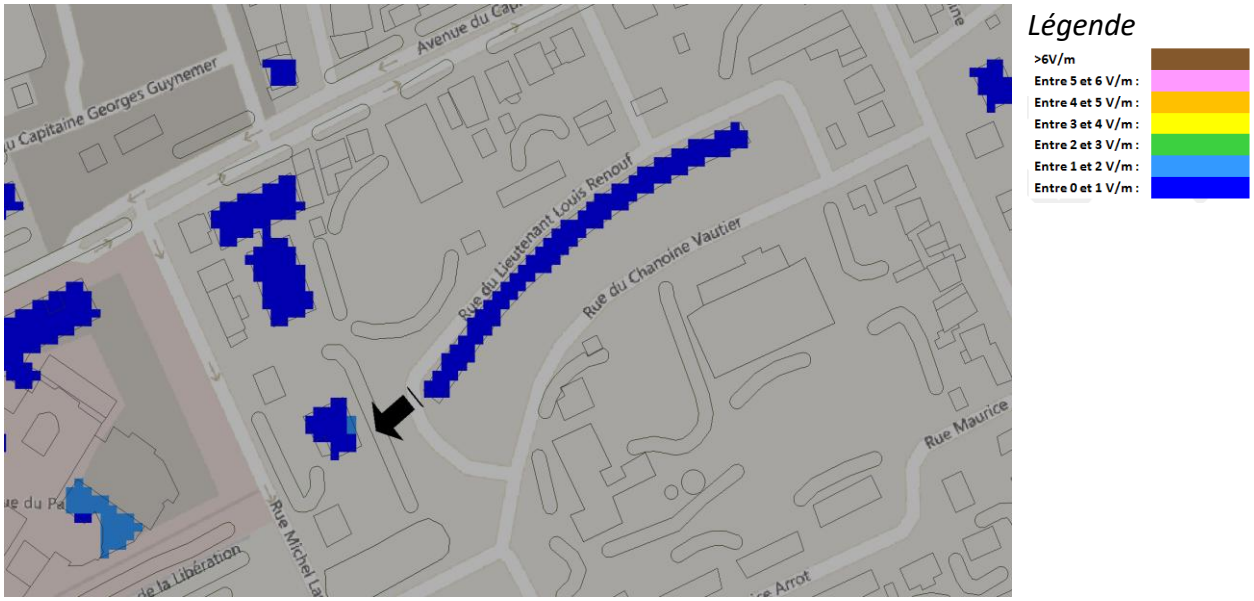
***Pour les antennes à faisceau orientable dans l'azimut 110°, le niveau maximal calculé est compris entre 2 et 3 V/m . La hauteur correspondante est de 7.5 m .***




**[Source fond de carte : Bing Maps]**
**[Logiciel de simulation : S_EMF SIRADEL]**

c. *Azimut 230°: antennes fixes*

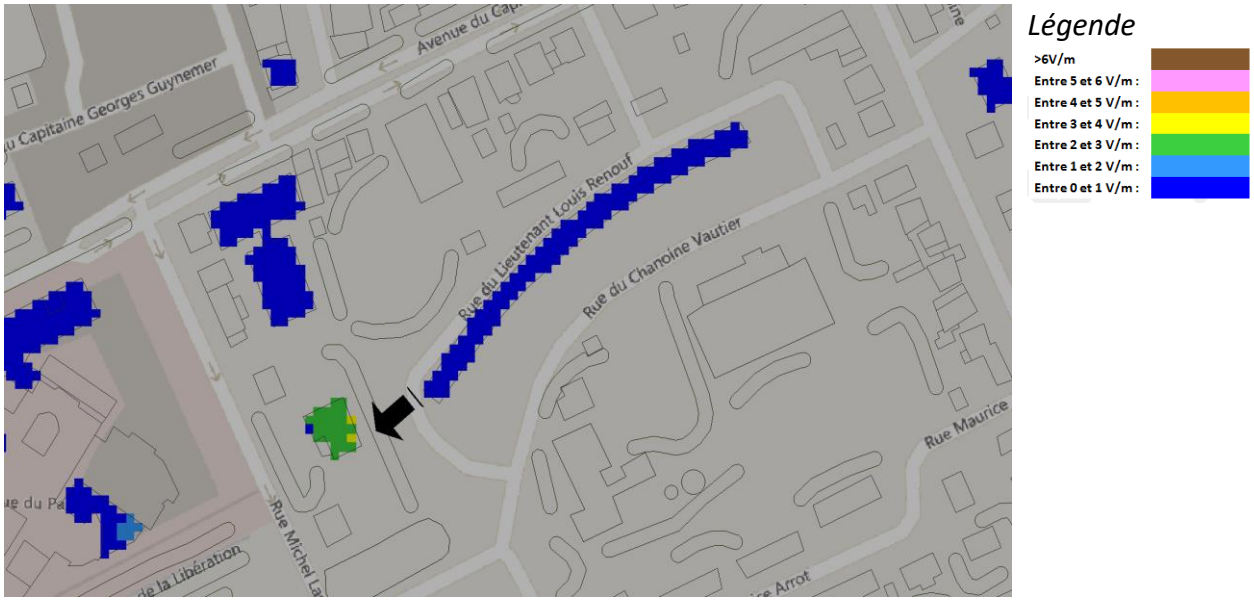
***Pour les antennes à faisceau fixe orientées dans l'azimut 230°, le niveau maximal calculé est compris entre 1 et 2 V/m . La hauteur correspondante est de 10.5 m .***




**[Source fond de carte : Bing Maps]**
**[Logiciel de simulation : S_EMF SIRADEL]**

*d. Azimut 230°: antennes à faisceau orientable*

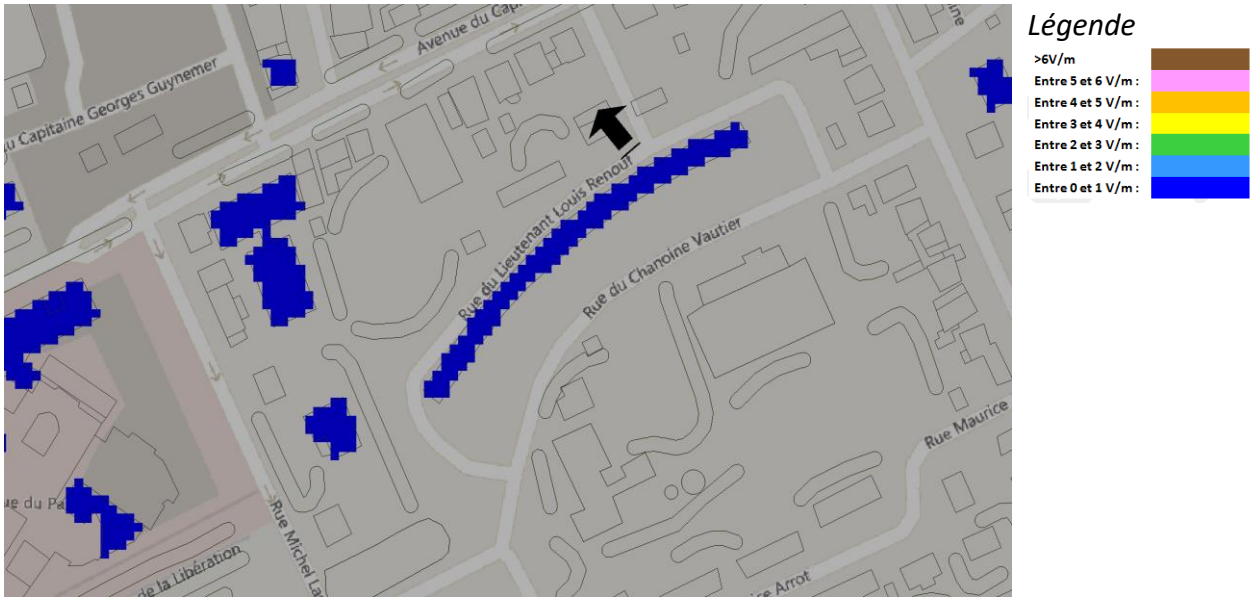
***Pour les antennes à faisceau orientable dans l'azimut 230°, le niveau maximal calculé est compris entre 3 et 4 V/m . La hauteur correspondante est de 10.5 m .***




**[Source fond de carte : Bing Maps]**
**[Logiciel de simulation : S_EMF SIRADEL]**

*e. Azimut 320°: antennes fixes*

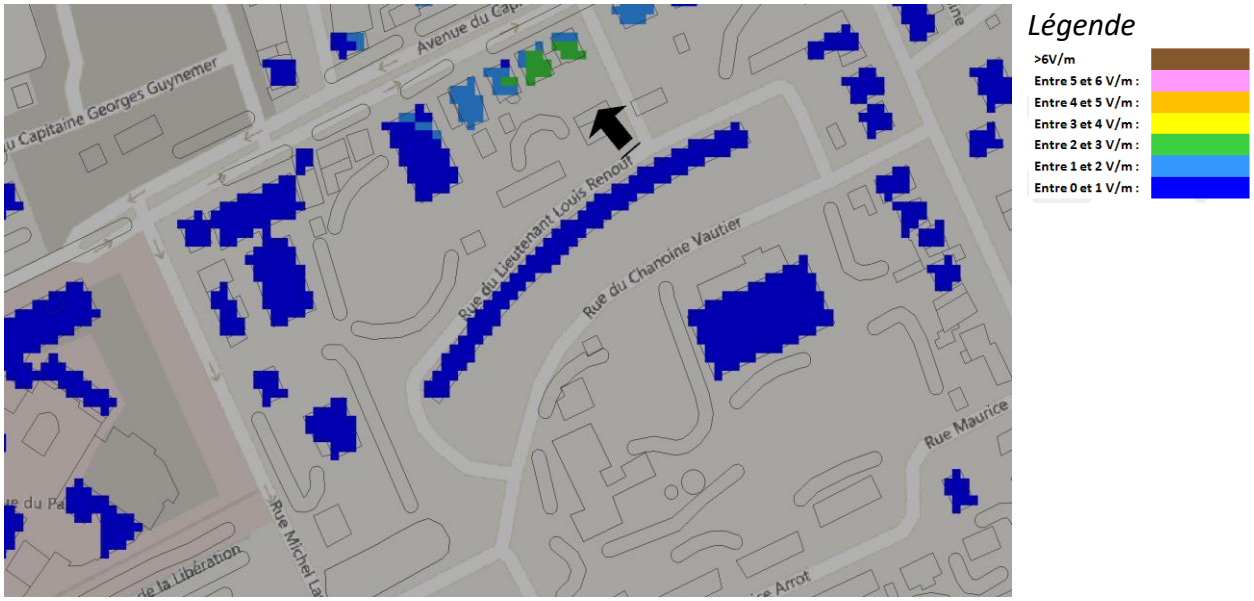
***Pour les antennes à faisceau fixe orientées dans l'azimut 320°, le niveau maximal calculé est compris entre 1 et 2 V/m . La hauteur correspondante est de 10.5 m .***




**[Source fond de carte : Bing Maps]**
**[Logiciel de simulation : S_EMF SIRADEL]**

*f. Azimut 320°: antennes à faisceau orientable*

***Pour les antennes à faisceau orientable dans l'azimut 320°, le niveau maximal calculé est compris entre 2 et 3 V/m . La hauteur correspondante est de 7.5 m .***




**[Source fond de carte : Bing Maps]**
**[Logiciel de simulation : S_EMF SIRADEL]**

### c) Conclusions

*Les simulations en espace libre indiquent les niveaux maximums suivants par antenne à faisceau fixe:*

| | *Azimut 110°* | *Azimut 230°* | *Azimut 320°* |
|---|---|---|---|
| *Niveau Maximal* | *entre 1 et 2 V/m* | *entre 1 et 2 V/m* | *entre 1 et 2 V/m* |
| *Hauteur* | *13.5 m* | *10.5 m* | *10.5 m* |

*Les simulations en espace libre indiquent les niveaux maximums suivants par antenne à faisceaux orientables:*

| | *Azimut 110°* | *Azimut 230°* | *Azimut 320°* |
|---|---|---|---|
| *Niveau Maximal* | *entre 2 et 3 V/m* | *entre 3 et 4 V/m* | *entre 2 et 3 V/m* |
| *Hauteur* | *7.5 m* | *10.5 m* | *7.5 m* |

### a) Annexes

La réglementation relative à l'exposition du public

Celle-ci est encadrée par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques et par la circulaire du 16 octobre 2001 relative à l'implantation des antennes relais de téléphonie mobile.

Les valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques sont fixées, en France, par le décret 2002-775 du 3 mai 2002 et permettent d'assurer une protection contre les effets établis des champs électromagnétiques radiofréquences. A l'image de la grande majorité des pays membres de l'Union européenne, celles-ci sont issues de la recommandation du Conseil de l'Union européenne 1999/519/CE du 12juillet 1999 relative à l'exposition du public aux champs électromagnétiques et conformes aux recommandations de l'OMS (Organisation mondiale de la santé).

| **Valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques** | 700 MHz | 800 MHz | 900 MHz | 1800 MHz | 2100 MHz | 2600 MHz | 3500 MHz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Intensité du champ électrique en V/m (volts par mètre) | 36 | 38 | 41 | 58 | 61 | 61 | 61 |