



**LIGNES DIRECTRICES NATIONALES SUR LA PRESENTATION  
DES RESULTATS DE SIMULATION DE L'EXPOSITION AUX ONDES  
EMISES PAR LES INSTALLATIONS RADIOELECTRIQUES**

**Version 2.0**

**Octobre 2019**

# SOMMAIRE

<b>1. Préambule.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Le cadre réglementaire .....</b>	<b>4</b>
<b>3. Les lignes directrices nationales .....</b>	<b>4</b>
<i>a) Les données techniques des stations radioélectriques .....</i>	<i>5</i>
<i>b) Les critères techniques pour la simulation .....</i>	<i>5</i>
<i>i. La zone d'étude.....</i>	<i>5</i>
<i>ii. Le calcul .....</i>	<i>5</i>
<i>c) La présentation des résultats de simulation.....</i>	<i>7</i>
<i>i. Plan de situation .....</i>	<i>7</i>
<i>ii. Résultats de la simulation de l'exposition .....</i>	<i>8</i>
<i>d) Trame indicative du rapport de simulation .....</i>	<i>8</i>

## 1. Préambule

L'Agence nationale des fréquences (ANFR) est un établissement public de l'État à caractère administratif placé auprès du ministère chargé des communications électroniques. Créée le 1<sup>er</sup> janvier 1997 par la loi du 26 juillet 1996 de réglementation des télécommunications, ses missions sont définies dans le Code des postes et des communications électroniques (CPCE).

L'ANFR assure trois missions principales : la planification du spectre au niveau international et national, l'autorisation et la gestion des stations radioélectriques (comme les antennes relais de téléphonie mobile, les radars, les émetteurs de radiodiffusion FM et télévision) et le contrôle de la bonne utilisation du spectre. Le contrôle du spectre permet notamment de garantir aux installations autorisées la disponibilité effective des fréquences qui leur sont attribuées.

Dans le domaine de l'exposition du public aux ondes électromagnétiques, plusieurs missions ont été confiées à l'ANFR :

- veiller au respect des valeurs limites réglementaires d'exposition du public<sup>1</sup> ;
- tenir à jour le protocole de mesures dont les références sont publiées par arrêté ministériel<sup>2</sup> ;
- gérer le dispositif national de mesure de l'exposition aux champs électromagnétiques<sup>3</sup> ;
- contrôler la conformité des terminaux radioélectriques mis sur le marché<sup>4</sup>.

La loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques a confié à l'Agence de nouvelles missions, en particulier :

- recenser les points dits « atypiques » et déterminer les critères permettant leur identification ;
- piloter un comité national de dialogue relatif aux niveaux d'exposition du public ;
- mettre à disposition des communes de France une carte des antennes relais sur leur territoire.

En outre, l'article 2 de la loi susmentionnée prévoit 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.* ». Le présent document dans sa première édition a eu pour objectif de répondre à cette obligation.

L'objectif d'une simulation est de donner, à titre d'information, une estimation sous forme cartographique des niveaux de champs électromagnétiques qu'une nouvelle installation radioélectrique est susceptible de générer compte tenu des paramètres d'émission envisagés par l'exploitant et de l'environnement dans lequel elle s'insère.

Ce document ne s'applique pas au calcul des périmètres de sécurité qui fait l'objet du guide DR-17.

---

<sup>1</sup> Articles L. 34-9-1 et L. 43 du CPCE

<sup>2</sup> 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

<sup>3</sup> Alinéa 17 de l'article R. 20-44-11 du CPCE, décret n° 2013-1162 et arrêté du 14 décembre 2013

<sup>4</sup> Alinéa 12 de l'article R. 20-44-11

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 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. Une mesure peut toujours être demandée lors de l'implantation d'une installation radioélectrique.

## 2. Le cadre réglementaire

La loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques prévoit que le dossier d'information remis par l'exploitant, d'une ou plusieurs installations radioélectriques soumises à accord ou à avis de l'Agence nationale des fréquences, comprend, à la demande du maire, **une simulation de l'exposition aux champs électromagnétiques générée par l'installation.**

Conformément à l'arrêté du 17 décembre 2007 pris en application de l'article R. 20-44-11 du CPCE et relatif aux conditions d'implantation de certaines installations et stations radioélectriques, les présentes lignes directrices concernent les stations radioélectriques ayant une PIRE<sup>5</sup> supérieure à 5 W, pour toute direction d'élévation inférieure à 5 degrés par rapport à l'horizontal, qui font l'objet d'un accord ou d'un avis de l'ANFR. Les points d'accès wifi grand public et les stations déployées à l'intérieur des bâtiments ne sont pas concernés. Les faisceaux hertziens sont exclus du champ du présent document dans la mesure où il s'agit d'un dispositif très directif qui expose très peu en dehors de l'axe d'émission.

Les exploitants en charge du déploiement des réseaux radioélectriques utilisent différents outils de simulation pour réaliser des études spécifiques (couverture, qualité de service, paramétrage SFN<sup>6</sup>, brouillage aux frontières...). Les logiciels utilisés sont soit développés par des éditeurs soit développés en interne selon les besoins. La diversité des logiciels utilisés implique autant de représentations possibles de l'exposition. L'analyse de ces dossiers devient alors une tâche compliquée et ne crée pas les conditions d'une bonne information des élus et du public.

Afin de faciliter l'analyse des dossiers, l'Agence est chargée de rédiger des lignes directrices nationales en vue d'harmoniser la présentation des résultats de simulation sous la forme d'un rapport qui a vocation à compléter, le cas échéant, le dossier d'information remis par l'exploitant à la mairie.

## 3. Les lignes directrices nationales

Les présentes lignes directrices nationales définissent les données à intégrer au calcul, explicitent les critères techniques utilisés pour la simulation et harmonisent la présentation des résultats. Ces lignes directrices ont vocation à être appliquées par l'ensemble des exploitants d'installations radioélectriques soumises à accord ou avis de l'ANFR. Elles s'adressent aux exploitants qui doivent transmettre ce rapport au maire ou au président de l'intercommunalité, sur demande.

En octobre 2019, elles évoluent pour prendre en compte les antennes à faisceaux orientables 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).

---

<sup>5</sup> La puissance isotrope rayonnée équivalente (PIRE) est la puissance qu'il faudrait appliquer à une antenne isotrope (c'est-à-dire théoriquement omnidirectionnelle) pour obtenir le même champ que celui obtenu dans la direction principale à la même distance. Elle se calcule par la formule  $PIRE = P_e * G_{max}$ .  $G_{max}$  est le gain dans la direction principale de l'antenne,  $P_e$  est la puissance d'émission au connecteur de l'antenne

<sup>6</sup> SFN : *Single Frequency Network*, technologie utilisée notamment dans la planification des réseaux TNT afin d'optimiser l'utilisation des fréquences

Ces lignes directrices s'articulent autour de plusieurs éléments :

- Les données techniques des stations radioélectriques à intégrer au calcul ;
- Les critères techniques retenus pour la simulation ;
- La présentation des résultats de simulation de l'exposition ;
- La trame indicative du rapport de simulation remis par l'exploitant.

#### **a) Les données techniques des stations radioélectriques**

L'analyse de l'exposition nécessite de connaître à minima les caractéristiques suivantes :

1. Les coordonnées géographiques et le système cartographique de référence.
2. La puissance maximale en entrée des antennes pour chaque technologie. Cette caractéristique est déterminante dans la mesure où l'exposition est directement liée à la puissance d'émission.
3. Le gain maximal des antennes pour chaque technologie et par bande de fréquences exprimé en dBi ;
4. L'azimut (en degré) et l'angle d'inclinaison (en degré). Pour des antennes à faisceaux orientables, l'azimut et l'angle d'inclinaison de la ligne de visée (boresight) seront renseignés.
5. Les fréquences ou bandes de fréquence dont dépendent les valeurs limites d'exposition aux champs électromagnétiques émis par les installations radioélectriques.<sup>7</sup>
6. La hauteur par rapport au sol du milieu de chaque antenne.
7. L'altitude du milieu de chaque antenne.
8. La hauteur du support.

#### **b) Les critères techniques pour la simulation**

Le logiciel, les sources de données (modèle numérique de terrain, bâti...) et leur date de dernière mise à jour ainsi que tous les éléments permettant d'apprécier la qualité de l'outil utilisé sont indiqués en annexe du rapport de simulation ou dans un document, disponible sur un site Internet, dont l'adresse complète figure dans le rapport. L'exploitant doit en outre indiquer la précision des données d'entrée utilisées dans le calcul.

##### *i. La zone d'étude*

La zone géographique représentée est centrée sur les installations radioélectriques de l'exploitant en incluant la représentation géographique dans une zone de 100 m autour des antennes en zone urbaine et 200 m en zone rurale<sup>8</sup>.

##### *ii. Le calcul*

La résolution du modèle numérique de terrain varie selon les zones géographiques. Les simulations doivent être réalisées avec la meilleure résolution disponible, typiquement 5 m dans les unités urbaines de plus de 100 000 habitants, entre 5 m et 25 m ailleurs. Afin de faciliter la lecture des résultats, l'exploitant peut réaliser les calculs à un pas plus fin que celui du modèle numérique de terrain.

<sup>7</sup> Décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques

<sup>8</sup> La définition de l'environnement d'une commune est issue de la nomenclature INSEE, cette liste est disponible sur le site internet : [http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=zonages/unites\\_urbaines.htm](http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=zonages/unites_urbaines.htm)

Pour un site donné, toutes les technologies diffusées par l'installation radioélectrique de l'exploitant concerné, sauf les faisceaux hertziens, doivent être intégrées à la simulation en intérieur. Le champ total<sup>9</sup> pour les antennes à faisceau fixe et le champ total pour les antennes à faisceaux orientables doivent être représentés.

Le principe de la simulation en intérieur consiste à se rapprocher de l'exposition réelle aux ondes émises par une installation. Les émissions radioélectriques type radiodiffusion (télévision, radio FM) sont réalisées à puissance constante, contrairement au service de téléphonie mobile pour lequel les puissances émises varient en fonction du trafic sur le réseau.

Afin de s'affranchir des erreurs possibles sur le bâti et des risques de minoration de l'exposition, les niveaux de champ seront basés en espace libre<sup>10</sup> (pas de diffraction ni de réflexion) à différentes hauteurs. Les simulations doivent être effectuées en champ lointain.

La formule utilisée en espace libre est la suivante :

$$E = \sqrt{30 * P_e * G} / d$$

où :

- E désigne le champ électrique en V/m ;
- $P_e$ , la puissance maximale en entrée d'antenne en W ;
- G, le gain maximal de l'antenne en direction du point d'évaluation ;
- d, la distance en m.

A cette formule peuvent se rajouter des facteurs de réduction comme suit :

Pour le service de téléphonie mobile utilisant des antennes à faisceau fixe, il convient de déterminer un facteur de réduction permettant de respecter les conditions décrites précédemment. Une analyse des mesures réalisées entre la valeur de champ cumulée extrapolée et la mesure de champ à la sonde large bande, quand la téléphonie mobile domine, a permis de déterminer le facteur médian<sup>11</sup>. La valeur retenue est de 1,6. Cela correspond à une atténuation sur 6 minutes de 4 dB. Ce facteur pourra être mis à jour par l'ANFR si nécessaire.

Pour le service de téléphonie mobile utilisant des antennes à faisceaux orientables, la variabilité plus forte de l'exposition nécessite un nouveau facteur de réduction sur 6 minutes correspondant à un balayage du faisceau pendant 4,4 % du temps dans une direction donnée, soit 13,5 dB. Ce facteur correspond à un téléchargement de 1 Go dans une direction donnée avec un débit moyen de 500 Mbps. Ce facteur pourra être revu en fonction de l'évolution des usages.

Pour prendre en compte la simulation en intérieur derrière un simple vitrage, une atténuation forfaitaire<sup>12</sup> de 20 %<sup>13</sup> sur le niveau de champ est appliquée. Cela correspond à 2 dB.

---

<sup>9</sup> Il s'agit d'effectuer en chaque point de calcul une sommation quadratique (racine carrée de la somme des carrés) des niveaux de champs simulés pour chaque fréquence émise pour les antennes à faisceau fixe d'une part et pour les antennes à faisceaux orientables d'autre part

<sup>10</sup> Il est possible de prendre en compte l'effet des bâtiments (masquant, rasant...), cette information devra figurer dans le rapport de simulation

<sup>11</sup> Facteur médian observé sur les mesures réalisées en [2014] entre la valeur cumulée extrapolée et la mesure large bande du cas A, quand la téléphonie mobile domine

<sup>12</sup> Il est possible d'utiliser un facteur d'atténuation plus représentatif du type de vitrage dans l'environnement, cette information devra figurer dans le rapport de simulation

<sup>13</sup> Source : rapport COPIC 31 juillet 2013, p. 34

Deux duplexages<sup>14</sup> sont considérés :

- Duplexage fréquentiel FDD (Frequency Division Duplexing) : des bandes de fréquences réservées pour les transmissions descendantes (downlink) et des bandes de fréquences réservées pour les transmissions montantes (uplink).
- Duplexage temporel TDD (Time Division Duplexing) : Les antennes relais et les terminaux utilisent la même bande de fréquences pour les transmissions mais de façon alternée dans le temps.

Lors de l'utilisation du duplexage temporel TDD, pendant les transmissions montantes (uplink), les antennes relais n'émettent plus et l'exposition due aux antennes du réseau est donc nulle pendant ces instants. A titre d'exemple, le facteur d'atténuation de duplexage pour une antenne relais qui émet 75% du temps est de 1,25 dB.

### **c) La présentation des résultats de simulation**

#### *i. Plan de situation*

Afin de localiser précisément la station radioélectrique en projet, il est recommandé d'utiliser un fond de carte de type aérien (visibilité du bâti) avec l'indication du nom des voies principales.

La zone géographique représentée est centrée sur les installations radioélectriques de l'exploitant en incluant la représentation géographique à 100 m des antennes en zone urbaine à l'échelle 1/500 et 200 m en zone rurale à l'échelle 1/1000.

Le rayonnement des antennes, notamment en téléphonie mobile, est dans la plupart des cas directif, c'est-à-dire qu'il privilégie des axes de rayonnement dans le plan horizontal et vertical. Cette particularité a un impact très important sur la couverture de ces antennes et donc sur l'exposition. Afin de faciliter la compréhension du dossier, les antennes et leurs azimuts pour les antennes directives doivent être précisément localisés sur une carte. Pour chaque azimut, la fourniture d'une photo prise depuis l'emplacement projeté de l'antenne dans l'axe de rayonnement principal peut faciliter l'analyse de la zone exposée.

Les établissements particuliers (établissements scolaires, crèches, établissements de soin) à moins de 100 m de l'installation sont localisés par un pictogramme blanc avec mention du nom et du type d'établissement (crèche, école élémentaire, hôpital...).

Les plans de masse et d'élévation peuvent être ajoutés au dossier, si l'exploitant l'estime utile.

---

<sup>14</sup> C'est le mode de circulation choisi pour gérer les transmissions des données dans les deux sens antenne vers utilisateur et utilisateur vers antenne

## ii. Résultats de la simulation de l'exposition

Le code couleur suivant est appliqué pour toutes les représentations :

Niveau	Couleur	Code couleur		
		Rouge	Vert	Bleu
Strictement supérieur à 6 V/m :		132	88	44
Entre 5 et 6 V/m :		255	153	255
Entre 4 et 5 V/m :		255	192	0
Entre 3 et 4 V/m :		255	255	0
Entre 2 et 3 V/m :		60	208	64
Entre 1 et 2 V/m :		51	153	255
Entre 0 et 1 V/m :		0	0	255

Une représentation de l'exposition simulée à 1,5 m du sol à l'intérieur doit être réalisée pour chaque antenne à faisceau fixe et antenne à faisceaux orientables.

En outre, l'exploitant détermine la hauteur correspondant au niveau maximal d'exposition simulé à l'intérieur du bâtiment le plus exposé, pour chaque antenne à faisceau fixe et antenne à faisceaux orientables. Une représentation de l'exposition simulée en intérieur doit être réalisée à cette hauteur, pour chaque antenne à faisceau fixe et antenne à faisceaux orientables.

Ainsi, à titre d'exemple, huit cartes devront être fournies pour une station tri-sectorielle comprenant des antennes à faisceau fixe et des antennes à faisceaux orientables.

Si l'exploitant dispose, dans son modèle de simulation, des emprises et de la hauteur des bâtiments, la représentation devra en tenir compte afin de faciliter la lecture des résultats.

L'exploitant peut joindre à la simulation tous les éléments qu'il juge pertinent pour faciliter la compréhension de son dossier.

### d) Trame indicative du rapport de simulation

Ce document présente le modèle de trame<sup>15</sup> permettant d'établir les rapports de simulation avec une présentation des résultats harmonisés conformément aux lignes directrices nationales publiées par l'Agence nationale des fréquences, prévues dans l'article 2 de la loi n° 2015-136 du 9 février 2015 relative à la sobriété, à la transparence, à l'information et à la concertation en matière d'exposition aux ondes électromagnétiques.

La trame doit être remplie en fonction des résultats obtenus et adaptée selon les particularités d'une simulation, notamment les parties entre [crochets]. Le rapport est sous la responsabilité de l'exploitant de l'installation radioélectrique, y compris pour les parties utilisées de la trame reprise dans ledit rapport. Le contenu de la trame, qui peut être révisé régulièrement, ne se substitue pas aux lignes directrices nationales.

<sup>15</sup> La trame est présentée sous format « document » mais peut également être adaptée pour un format « présentation ».

Les parties en italique sont des commentaires ou des exemples de l'ANFR visant à expliciter les éléments demandés ou pour apporter des précisions.

Le rapport est destiné à être remis au maire à sa demande. Il a vocation à être mis à disposition du public concerné. Il ne doit donc contenir aucune donnée personnelle. Les données doivent respecter les droits au respect de la vie privée et à l'image. Il en est de même pour des photos y compris aériennes montrant des parties privées.

## **RAPPORT DE SIMULATION DE L'EXPOSITION**

Selon les lignes directrices nationales ANFR version 2.0

**Référence du rapport de simulation : [ ]**

**Commune : [ ]**

**Adresse de l'installation : [ ]**

**Validation :** [Nom facultatif, Fonction, date]

[Signature facultative]

**Ce document comporte [x] pages dont [x] annexes**

TABLE DES MATIERES

**1. Synthèse ..... 3**

**2. Description du projet ..... 4**

**3. Plan de situation..... 4**

**4. Caractéristiques de l'installation ..... 6**

    a) Azimut [ ] ° ..... 6

**5. Résultats de simulation..... 8**

    a) Représentation du niveau de champ simulé à 1,5 m par rapport au sol en intérieur ..... 9

    b) Simulations à différentes hauteurs..... 11

        i. Azimut [valeur azimut] ..... 11

    c) [Éléments supplémentaires] ..... 15

    d) [Conclusion] ..... 15

    e) [Annexes] ..... 15

REVISIONS

<b>Indice</b>	<b>Date</b>	<b>Nature des révisions</b>
2.0	24 juillet 2019	Prise en compte des antennes à faisceaux orientables utilisées notamment en technologie 5G

## 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 [adresse complète] diffusant les technologies dont le détail est explicité dans le chapitre 4 [2G dans la ou les bandes [] [et/ou] 3G dans la ou les bandes [] [et/ou] 4G dans la ou les bandes [] [et/ou] 5G dans la ou les bandes [], FM dans la bande [], TNT dans la bande []....] selon les lignes directrices nationales<sup>16</sup> 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 [NOM EXPLOITANT].

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<sup>17</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.

### 1. Synthèse

*Indiquer les principaux résultats obtenus, notamment le niveau maximal simulé en intérieur de l'exposition aux ondes des antennes à faisceau fixe et des antennes à faisceaux orientables émises par l'installation pour chaque antenne.*

*Exemple :*

#### **Synthèse**

*Le niveau maximal simulé à une hauteur de 1,50 m par rapport au sol en intérieur est compris entre 1 et 2 V/m pour les antennes à faisceau fixe et entre 4 et 5 V/m pour les antennes à faisceaux orientables.*

*L'exposition maximale simulée en intérieur pour le projet d'implantation de l'installation située 3 impasse Joudrier à Paris 11<sup>ème</sup> est comprise entre 5 et 6 V/m pour les antennes à faisceau fixe et entre 5 et 6 V/m pour les antennes à faisceaux orientables pour les azimuts 90°, 210° et 330°.*

<sup>16</sup> 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 ».

<sup>17</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.**

## 2. Description du projet

Afin de faciliter l'analyse du dossier, expliquer les principales motivations de l'implantation de(s) nouvelle(s) installation(s) sur le site, telles qu'elles peuvent figurer dans le DIM.

Décrire succinctement antennes à faisceau fixe et antennes à faisceaux orientables.

Exemple :

Le projet d'implantation de l'installation située 3 impasse Joudrier à Paris 11<sup>ème</sup> permettra de déployer la 5G dans la bande 3600 MHz afin de desservir les abonnés du quartier B.

<b>Description de l'installation</b>	
<b>Coordonnées géographiques (Lambert 2 étendu)</b>	Latitude : 2 428 459.8 Longitude : 604 234.1
<b>Altitude au milieu de l'antenne</b>	57 m
<b>Hauteur du support</b>	20 m
<b>Adresse</b>	3 impasse Joudrier à Paris 11 <sup>ème</sup>
<b>Nombre d'antennes</b>	3
<b>Type</b>	directive
<b>Systèmes</b>	2G/ 3G/ 4G/ 5G
<b>Faisceau fixe / Faisceaux orientables</b>	Faisceaux orientables
<b>Azimuths (en degrés)</b>	90°/ 210°/ 330°
<b>Hauteur (hauteur au milieu de l'antenne)</b>	22 m/ 22,5 m/ 22 m
<b>Bandes de fréquences utilisées</b>	800 MHz/ 1800 MHz/ 2100 MHz/ 2600 MHz/ 3600 MHz

## 3. Plan de situation

L'utilisation d'un fond de carte de type aérien est recommandée (visibilité du bâti) pour le positionnement des installations radioélectriques avec l'indication du nom des voies principales.

NB : l'exploitant doit se conformer aux règles de la propriété intellectuelle relative à l'exploitation des données cartographiques (modèle numérique de terrain, bâti, fonds de carte, etc.), notamment les conditions d'utilisation des licences et des services en ligne.

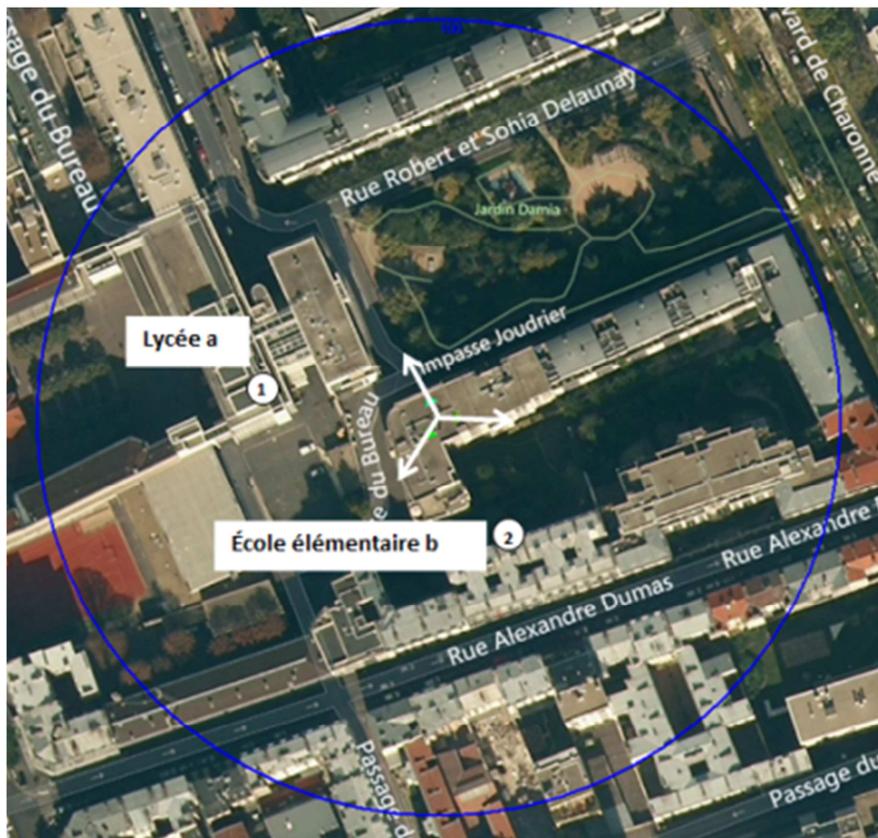
Les antennes et les azimuths (rayon principal) pour les antennes directives doivent être précisément localisés sur la carte. Pour chaque azimuth, il est possible d'associer une photo, quand elle est disponible et qu'elle n'inclut pas des parties privées, de l'environnement en visibilité de l'antenne.

Afin de faciliter l'analyse de la zone étudiée, la zone géographique (de rayon 100 m en zone urbaine et 200 m en zone rurale) représentée est centrée sur les installations radioélectriques de l'exploitant.

Les établissements particuliers sont localisés par un pictogramme en indiquant le nom (quand l'information est disponible) et le type (crèche, établissements de l'enseignement primaire ou secondaire, établissement de soins...).

L'axe de rayonnement principal dans le plan horizontal des antennes est représenté par une flèche [blanche].

Exemple :



Fond de carte [Photo aérienne], source : [bing]

**Liste des établissements particuliers dont l'emprise est située dans un rayon de [100] m**

Lister l'ensemble des établissements en précisant le nom (quand l'information est disponible), le type et l'adresse.

Les établissements particuliers sont identifiés (pictogrammes [blanc]) sur la carte.

Exemple :

	Type	Nom	adresse
1	Lycée	a	3 rue Robert et Sonia Delaunay, 75011 PARIS
2	École élémentaire	b	12 rue Alexandre Dumas, 75011 PARIS

#### 4. Caractéristiques de l'installation

L'analyse de l'exposition nécessite de connaître les caractéristiques d'émission de l'installation :

- La puissance maximale en entrée des antennes pour chaque technologie et par bande de fréquences exprimée en watts ;
- Le gain maximal des antennes pour chaque technologie et par bande de fréquences exprimé en dBi ;
- L'azimut, exprimé en degré (°), qui caractérise l'orientation de l'antenne dans le plan horizontal ;
- La présence d'antenne à faisceaux orientables ;
- L'angle d'inclinaison, exprimé en degré (°), qui caractérise la ligne de visée (boresight) de l'antenne dans le plan vertical ;
- La hauteur du milieu des antennes exprimée en mètres (m).

##### a) Azimut [ ] °

			...
Système	[4G]	[5G]	
Bande de fréquence (MHz)	[2600]	[3600]	
Puissance maximale en entrée d'antenne (W)	[60]	[80]	
Gain maximal (dBi)	[18]	[24]	
<b>Faisceau fixe / faisceaux orientables</b>	[faisceau fixe]	[faisceaux orientables]	
Angle d'inclinaison (en degrés)	[6]	[6]	
Hauteur au milieu de l'antenne (m)	[24]	[24]	

À répéter pour chaque azimut et chaque système.

Exemple :

- Azimut 90 °, HMA= 22m

	<b>2G/4G</b>	<b>3G</b>	<b>4G</b>	<b>4G</b>	<b>5G</b>
<b>Bande de fréquence (MHz)</b>	1800	2100	800	2600	3600
<b>Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts)</b>	40 W	30 W	35 W	35 W	80 W
<b>Gain maximal (dBi)</b>	18	18	17	17	24
<b>Faisceau fixe / Faisceaux orientables</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceaux orientables</b>
<b>Angle d'inclinaison (degrés)</b>	5 °	7 °	8 °	10 °	6 °

- Azimut 210 °, HMA= 22,5m

	<b>2G/4G</b>	<b>3G</b>	<b>4G</b>	<b>4G</b>	<b>5G</b>
<b>Bande de fréquence</b>	1800	2100	800	2600	3600
<b>Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts)</b>	40 W	30 W	35 W	35 W	120 W
<b>Gain maximal (dBi)</b>	18	18	17	17	24
<b>Faisceau fixe / Faisceaux orientables</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceaux orientables</b>
<b>Angle d'inclinaison (degrés)</b>	5 °	7 °	8 °	10 °	6 °

- Azimut 330 °, HMA= 22m

	<b>2G/4G</b>	<b>3G</b>	<b>4G</b>	<b>4G</b>	<b>5G</b>
<b>Bande de fréquence</b>	1800	2100	800	2600	3600
<b>Puissance maximale en entrée d'antenne (Watts)</b>	40 W	30 W	35 W	35 W	200 W
<b>Gain maximal (dBi)</b>	18	18	17	17	24
<b>Faisceau fixe / Faisceaux orientables</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceau fixe</b>	<b>Faisceaux orientables</b>
<b>Angle d'inclinaison (degrés)</b>	5 °	7 °	8 °	10 °	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 d'exposition aux ondes en intérieur (en volts par mètre : V/m) des antennes à faisceau fixe et des antennes à faisceaux orientables émises par l'installation située [adresse complète] avec [un abaissement de 20 % correspondant à l'atténuation due à un simple vitrage ce qui correspond à 2 dB]. [A priori, dans cette configuration, les niveaux calculés sont des majorants de l'exposition simulée en intérieur.]

*Il est possible de prendre en compte les divers effets dus aux bâtis, notamment l'effet masquant et d'appliquer un abaissement différent notamment en cas de mur aveugle ou de champ rasant. Les critères utilisés doivent être explicités. Le paragraphe précédent doit être modifié en conséquence.*

Les simulations sont réalisées en zone [rurale ou urbaine] avec la résolution suivante : [5 m].

*Pour les exploitants d'installations de téléphonie mobile*

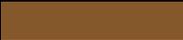
Les facteurs de réduction suivants s'appliquent pour cette installation :

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 :	

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

Un fond de carte type aérien doit être privilégié avec l'indication des noms des rues principales.

Exemple : pour toutes les cartes présentées, l'axe de rayonnement principal dans le plan horizontal des antennes est représenté par une flèche blanche.

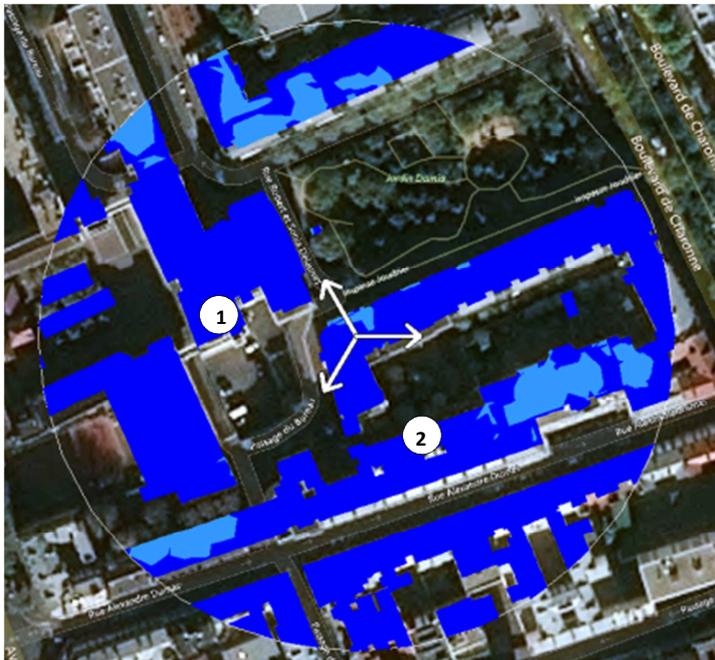
#### Représentation du niveau de champ simulé à 1,5 m par rapport au sol en intérieur

[

La simulation à 1,5 m par rapport au sol en intérieur est réalisée à partir du modèle numérique de terrain de l'IGN 25 m de 2011 interpolé au pas de 1 m. Les données utilisées pour le bâti sont fournies par l'IGN, révision 2011.

]

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



[Fond de carte (photo aérienne), source : bing]

[Logiciel de simulation MithraREM, éditeur Geomod]

En l'absence de bâti disponible, l'affichage du résultat de simulation doit être adapté.



## **b) Simulations à différentes hauteurs**

[Les ou l'] antenne[s] projetée[s] [est, sont] [omnidirectionnelle, directives].

### *Cas d'une antenne omnidirectionnelle*

Une seule simulation est réalisée à la hauteur de **[hauteur de l'exposition maximale] m** pour laquelle l'exposition est maximale. Le niveau maximal calculé en intérieur est de **[niveau maximal] V/m**.

*Carte de résultat de la simulation à la hauteur de l'exposition maximale en intérieur selon la palette de couleur.*

### *Cas d'antennes directives*

Une modélisation est réalisée par antenne à faisceau fixe et à faisceaux orientables. 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 [nombre antennes] antennes à faisceau fixe et [nombre antennes] antennes à faisceaux orientables, [nombre antennes] simulations ont été réalisées.

*Carte de résultat de la simulation pour chaque antenne à la hauteur de l'exposition maximale en intérieur selon la palette de couleur.*

*Si le niveau maximal d'exposition est supérieur à 6 V/m, l'exploitant indique par un polygone de couleur l'emprise du bâtiment concerné.*

*En l'absence de bâti disponible dans les outils de simulation, la détermination de la hauteur d'exposition maximale est rendue plus complexe. L'exploitant doit fournir à minima une modélisation à 1,5 m du sol en intérieur et déterminer la hauteur de calcul la plus pertinente en fonction du type d'habitat situé à proximité de l'installation radioélectrique. Par exemple, si le type d'habitat à proximité d'une antenne est de type « pavillon », une modélisation à la hauteur de 4 m par rapport au sol, correspondant au premier étage, peut être jointe au dossier.*

#### **i. Azimut [valeur azimut]**

Pour l'antenne à faisceau fixe orientée dans l'azimut [valeur azimut], le niveau maximal calculé en intérieur est de **[niveau max] V/m**. La hauteur correspondante est de **[hauteur calcul niveau max] m**.

Pour l'antenne à faisceaux orientables orientée dans l'azimut [valeur azimut], le niveau maximal calculé en intérieur est de **[niveau max] V/m**. La hauteur correspondante est de **[hauteur calcul niveau max] m**.

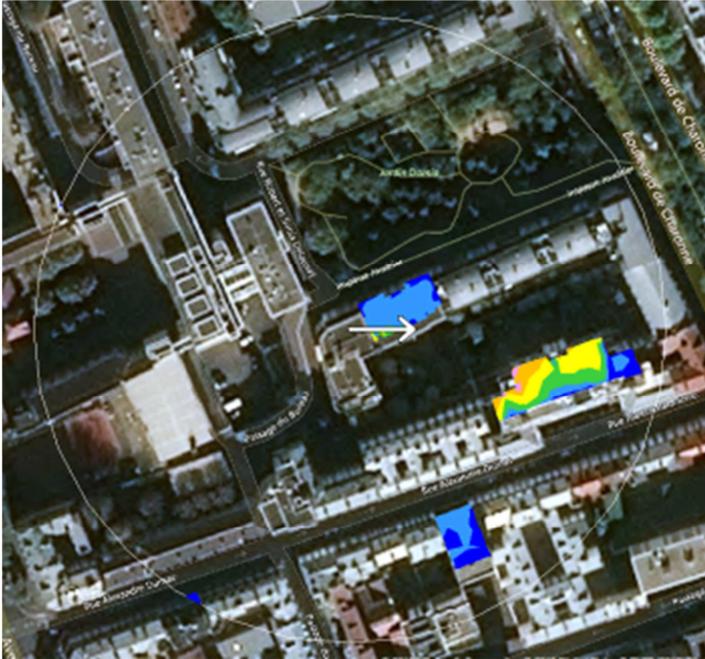
*Ce paragraphe est répété pour chaque azimut*

[Les simulations à différentes hauteurs par rapport au sol sont réalisées à partir du modèle numérique de terrain de l'IGN 25 m de 2011 interpolé au pas de 1 m. Les données utilisées pour le bâti sont fournies par l'IGN, révision 2011.]

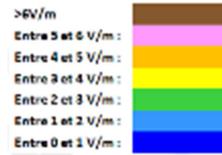
Exemple :

a. Azimut 90°

**Pour l'antenne à faisceau fixe orientée dans l'azimut 90°, le niveau maximal calculé en intérieur est compris entre 5 et 6 V/m. La hauteur correspondante est de 22 m.**

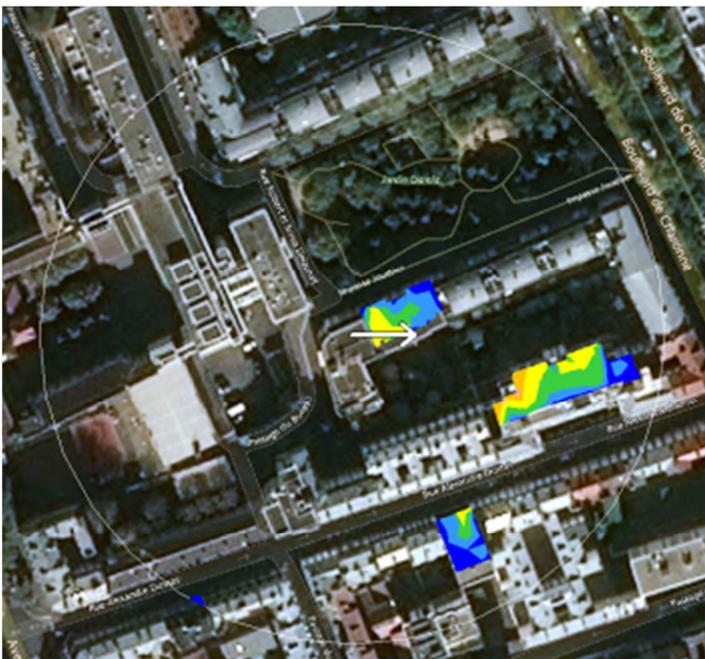


Légende

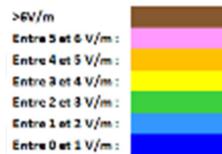


Fond de carte (photo aérienne), source : bing  
Logiciel de simulation MithraREM, éditeur Geomod

**Pour l'antenne à faisceaux orientables orientée dans l'azimut 90°, le niveau maximal calculé en intérieur est compris entre 4 et 5 V/m. La hauteur correspondante est de 22 m.**



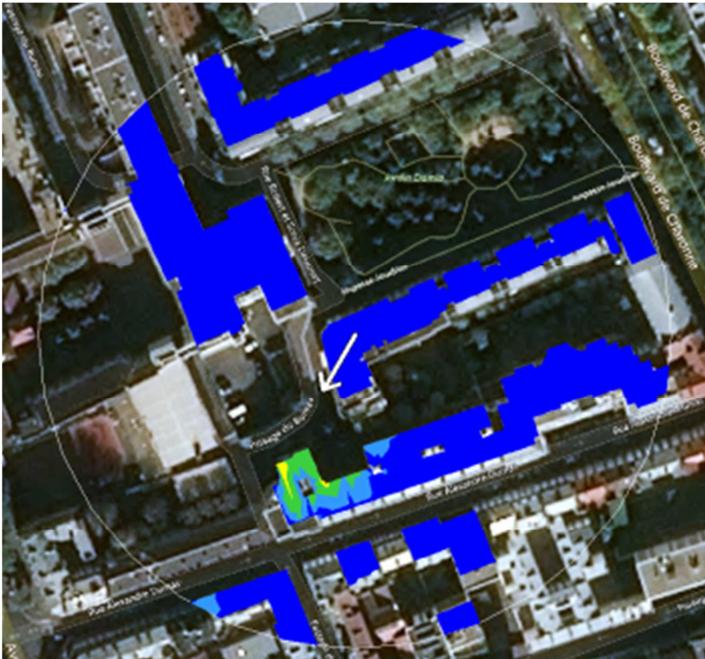
Légende



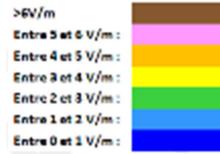
Fond de carte (photo aérienne), source : bing  
Logiciel de simulation MithraREM, éditeur Geomod

b. Azimut 210°

**Pour l'antenne à faisceau fixe orientée dans l'azimut 210°, le niveau maximal calculé en intérieur est compris entre 3 et 4 V/m. La hauteur correspondante est de 17 m.**



Légende



Fond de carte (photo aérienne), source : bing  
Logiciel de simulation MithraREM, éditeur Geomod

**Pour l'antenne à faisceaux orientables orientée dans l'azimut 210°, le niveau maximal calculé en intérieur est compris entre 5 et 6 V/m. La hauteur correspondante est de 17 m.**



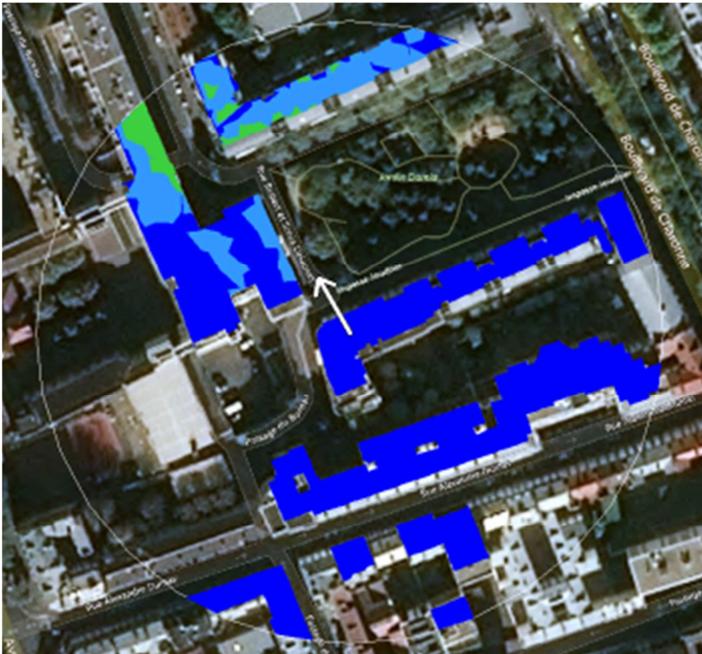
Légende



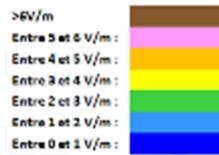
Fond de carte (photo aérienne), source : bing  
Logiciel de simulation MithraREM, éditeur Geomod

c. Azimut 330°

**Pour l'antenne à faisceau fixe orientée dans l'azimut 330°, le niveau maximal calculé en intérieur est compris entre 2 et 3 V/m. La hauteur correspondante est de 17 m.**

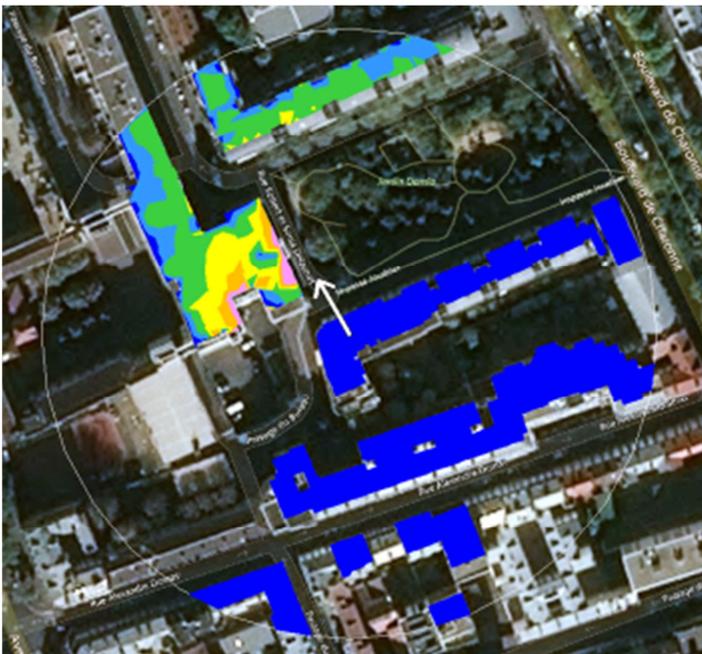


Légende

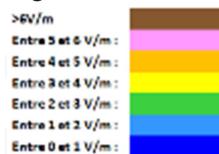


Fond de carte (photo aérienne), source : bing  
Logiciel de simulation MithraREM, éditeur Geomod

**Pour l'antenne à faisceaux orientables orientée dans l'azimut 330°, le niveau maximal calculé en intérieur est compris entre 5 et 6 V/m. La hauteur correspondante est de 17 m.**



Légende



Fond de carte (photo aérienne), source : bing  
Logiciel de simulation MithraREM, éditeur Geomod

**c) [Éléments supplémentaires]**

*L'exploitant peut joindre à la représentation à différentes hauteurs tous les éléments qu'il juge pertinent pour faciliter la compréhension de son dossier.*

**d) [Conclusion]**

*L'exploitant peut expliquer dans cette partie (à adapter comme la synthèse) tous les éléments qui lui semblent pertinents pour faciliter la compréhension du projet.*

*Exemple :*

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

	Azimut 90°	Azimut 210°	Azimut 330°
<i>Niveau maximal</i>	<i>entre 5 et 6 V/m</i>	<i>entre 3 et 4 V/m</i>	<i>entre 2 et 3 V/m</i>
<i>Hauteur</i>	<i>22 m</i>	<i>17 m</i>	<i>17 m</i>

*Les niveaux calculés en intérieur à 1,5 m de hauteur sont inférieurs à 2 V/m.*

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

	Azimut 90°	Azimut 210°	Azimut 330°
<i>Niveau maximal</i>	<i>entre 4 et 5 V/m</i>	<i>entre 5 et 6 V/m</i>	<i>entre 5 et 6 V/m</i>
<i>Hauteur</i>	<i>22 m</i>	<i>17 m</i>	<i>17 m</i>

*Les niveaux calculés en intérieur à 1,5 m de hauteur sont inférieurs à 5 V/m.*

**e) [Annexes]**

*L'exploitant peut ajouter toutes les informations nécessaires à la compréhension de son dossier.*