

LES ANTENNES RELAIS DANS LE CONTEXTE DE FONTENAY-AUX-ROSES

Sommaire

1. Introduction
2. Les aspects réglementaires nationaux et locaux
3. Qu'est-ce qu'une antenne relais
4. L'antenne-relais à l'émission
5. Les fréquences
6. La couverture radioélectrique
7. L'exposition des personnes aux champs électromagnétiques
8. La technologie 5G
9. Conclusion
10. Références bibliographiques
11. Glossaire

1. Introduction

1.1 Contexte actuel des antennes-relais

- Les opérateurs poursuivent le déploiement de la 4G. En particulier ils cherchent à couvrir les zones blanches, comme ils s'y sont engagés auprès de l'ARCEP (Autorité de Régulation des Télécoms)
- Ils doivent répondre à l'explosion de consommation de la bande passante (téléphonie, multimédia mobile...)
- Ils commencent à mettre en place les infrastructures nécessaires à la 5G

1.2 Contexte de la création du Comité thématique sur les antennes-relais

Compte-tenu des demandes des opérateurs, le maire de Fontenay aux Roses a missionné MM. Delahaye et Bresse, animateurs de Comités d'Habitants pour créer un Comité Thématique sur les antennes-relais.

Dans cette lettre de mission, le maire précise :

« Dans le cadre de cette démarche citoyenne et participative qui mobilisera les Comités d'habitants, des élus et toute personne qualifiée ou ressource pouvant éclairer cette problématique, je souhaite des échanges constructifs, ouverts et apaisés. »

Ce comité a fait appel à d'autres membres, compétents et animateurs de Comité d'habitants, comme M. Drouot. En particulier, il a fait appel à un expert, M. Azoulay, professeur honoraire du département Electromagnétisme de Supélec (CentraleSupélec) pour rédiger ce texte pédagogique sur les antennes-relais.

Ce comité a travaillé avec M. Michel Renaux, maire-adjoint à l'urbanisme et c'est à sa demande que ce texte a été rédigé.

2. Aspects réglementaires nationaux et locaux

2.1 Réglementation nationale

- Les maires ont un droit à l'information de la part des opérateurs (art. L.34-9-2 du Code des postes et communications électroniques).
- Ils peuvent élaborer des chartes locales (art. 42 de la loi du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement). C'est ce qu'a fait Fontenay-aux-Roses avec la charte qui interdit les installations d'antenne à moins de 150 m des écoles et des crèches.
- Ils peuvent prendre des décisions en cas d'urgence concernant une antenne-relais déterminée, au regard de circonstances locales exceptionnelles.
- Les maires peuvent refuser si le projet porte atteinte à la salubrité ou à la sécurité publique, à l'environnement, ou s'il porte atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants, des sites et paysages, ou pour protéger les monuments historiques, les sites classés ou inscrits.
- Ils peuvent prévoir des clauses restrictives dans les PLU.
- Ils ne peuvent cependant refuser une installation d'antenne en invoquant le principe de précaution. Le Conseil d'Etat annule tous ces refus, considérant que les maires ne peuvent prouver qu'il y a un risque sanitaire pour les populations.

2.2 Autorisation des antennes depuis la loi ELAN

La loi ELAN est la loi sur l'Evolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique (loi n° 2018- 1021 du 23 novembre 2018, complétée par le décret n° 2018-1123 du 10 décembre 2018)

Cette loi contient des dispositions pour les antennes-relais. Leur objectif est de lutter contre les zones blanches du réseau téléphonique, et d'accélérer le déploiement du très haut débit sur l'ensemble du territoire national.

Elle stipule :

- que le dossier d'information (DIM) doit être transmis au maire un mois avant le dépôt de la demande d'autorisation d'urbanisme, et non plus deux mois. La mairie dispose de 8 jours pour analyser le dossier et demander d'éventuels compléments.
- que les décisions qui autorisent l'implantation d'antennes de radiotéléphonie mobile ne peuvent plus être retirées (à titre expérimental et jusqu'au 31 décembre 2022)
- que si l'antenne et les annexes nécessaires à son fonctionnement présentent une surface de plancher et une emprise au sol comprises entre 5 m² et 20 m², quelle que soit la hauteur de l'antenne, il n'y a plus besoin de permis de construire. Une déclaration préalable suffit.

2.3 Recommandations de l'AMF

Elles résultent d'un accord entre l'AMF (Association des Maires de France) et l'AFOM (Association Française des Opérateurs Mobiles).

Aux termes de cet accord les maires doivent :

- instaurer une concertation avec les opérateurs
- recevoir chaque opérateur séparément pour qu'il présente l'état des lieux et son schéma de déploiement prévisionnel
- vérifier la conformité des projets au PLU (voir la réglementation locale de Fontenay aux Roses)
- informer la population pour chaque nouveau projet
- veiller à l'intégration paysagère
- s'assurer qu'il n'y a pas d'exposition excessive du public aux ondes électromagnétiques (cf. décret 2002-775 du 3 mai 2002)
- en exigeant des exploitants une simulation de l'exposition aux ondes générées par la future installation
- en la faisant valider par l'ANFR
- en faisant réaliser des mesures sur leur territoire
- en demandant la réunion d'une instance de concertation départementale (ICD), lorsqu'ils estiment qu'une médiation est requise

2.4 Règlementation locale de Fontenay aux Roses

Dans toutes les zones, l'implantation d'antennes-relais de téléphonie mobile sont autorisées sous conditions :

- L'intensité maximale du champ électrique, sur l'ensemble du territoire de la commune, demeurera égal ou inférieur à 2V/m équivalent 900 MHz
- L'intensité maximale du champ électrique dans un rayon de 100 m autour des établissements publics et ceux recevant des enfants restera inférieur à 1V/m équivalent 900 MHz

PS : Définition du champ équivalent 900 MHz.

La notion de champ équivalent 900 MHz s'inspire de la Charte de téléphonie mobile de la Ville de Paris signée par la Mairie de Paris et les opérateurs de téléphonie mobile en Mars 2021 pour laquelle les opérateurs se sont engagés à respecter un niveau de 5V/m équivalent 900 MHz.

Niveau d'exposition

Le niveau mesuré dans les lieux de vie fermés pour les antennes à faisceaux fixes est exprimé en équivalent 900MHz correspond à l'agrégation en puissance des niveaux relevés dans les six bandes 700 MHz, 800 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 2100 MHz et 2600 MHz.

1V/m équivalent 900 = 1 V/m dans la bande 700 MHz, multiplié par le rapport 41/37.

1V/m équivalent 900 = 1 V/m dans la bande 800 MHz, multiplié par le rapport 41/39. 1

V/m équivalent 900 = 1 V/m dans la bande 900 MHz.

1 V/m équivalent 900 = 1 V/m dans la bande 1800 MHz multiplié par le rapport 41/58.

1V/m équivalent 900 = 1 V/m dans la bande 2100 MHz multiplié par le rapport 41/61. 1

V/m équivalent 900 = 1 V/m dans la bande 2600 MHz multiplié par le rapport 41/61. 1

V/m équivalent 900 = 1V/m dans la bande 3600 MHz multiplié par le rapport 41/61. (Rapport des niveaux de référence du décret du 3 mai 2002)

Expression des résultats

Les résultats des mesures, agrégés par bande, sont convertis en V/m équivalent 900, additionnés quadratiquement.

Champs issus des antennes à faisceaux fixes

$$E(\text{équi}_{900})_{\text{fixe}} = \sqrt{\left(\frac{41}{37} E_{700}\right)^2 + \left(\frac{41}{39} E_{800}\right)^2 + (E_{900})^2 + \left(\frac{41}{58} E_{1800}\right)^2 + \left(\frac{41}{61} E_{2100}\right)^2 + \left(\frac{41}{61} E_{2600}\right)^2}$$

Champs issus des antennes à faisceaux fixes

$$E(\text{équi}_{900})_{\text{orientable}} = \frac{41}{61} E_{3600}$$

Champ total issu de la téléphonie mobile :

$$E(\text{équi}_{900})_{\text{total}} = \sqrt{E(\text{équi}_{900})_{\text{orientable}}^2 + E(\text{équi}_{900})_{\text{fixe}}^2}$$

3. Qu'est-ce qu'une antenne-relais ?

Dans le Guide des relations entre les communes et les opérateurs [1], une antenne-relais est définie ainsi :

« Une antenne-relais, est également appelée « site radioélectrique », « station de base » ou « relais hertzien ». Elle est composée d'une ou plusieurs antennes, qui sont obligatoirement installées en hauteur (sur un immeuble, un château d'eau ou un pylône), d'équipements radio et de transmission, de matériel électrique ainsi que d'un local, un abri sécurisé ou des armoires techniques.



Figure 1

Dans la grande majorité des cas, les seules parties visibles de l'antenne-relais sont les antennes et leur support. Par ailleurs, ces antennes-relais sont raccordées au reste du réseau par des liaisons hertziennes ou filaires. »

La photographie ci-dessous (Figure 1) représente une partie de station de base avec une antenne couvrant les systèmes 2G/3G/4G et une antenne dédiée au système 5G, ainsi que la connectique et des éléments d'amplification des signaux au dessous des antennes. Sous l'antenne 5G, il y a une petite antenne de faisceau hertzien

Ces antennes permettent d'écouler les communications entre téléphones mobiles, tablettes ou tout terminal connecté, via le réseau d'accès et le réseau-cœur situé à une certaine distance de la station de base. L'ensemble « antenne-relais » est un émetteur-récepteur radio qui dialogue avec le téléphone mobile d'un côté, et de l'autre avec le réseau de télécommunications.

Le territoire est réparti en « cellules » équipées de stations de base avec des antennes représentant l'extrémité d'une liaison radio, l'autre extrémité étant le téléphone portable/ smartphone de l'utilisateur, suivant le schéma de la figure 2, dans le cas d'une liaison 2G/3G/4G où l'on a une fréquence F1 dans un sens (l'antenne relais émet un signal / le téléphone mobile reçoit) et une fréquence F2 dans l'autre (le téléphone émet / l'antenne relais reçoit). Ce type de fonctionnement s'appelle duplex fréquentiel.

Dans le cas de la 5G, on utilise la même fréquence dans les deux sens, la fréquence étant émise tantôt de l'antenne-relais vers le téléphone, tantôt le contraire (duplex temporel de fréquence)

Nous allons nous intéresser plus particulièrement à l'antenne-relais en émission, car c'est souvent elle qui pose problème de par son implantation, ses caractéristiques et les conséquences sur la ville desservie.

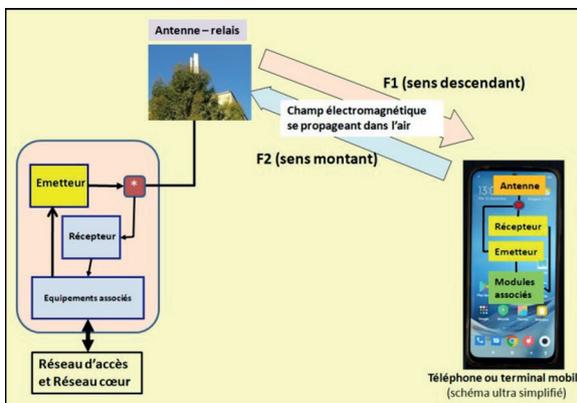


Figure 2

4. L'antenne-relais à l'émission

Une antenne à l'émission agit comme un phare et transmet des ondes électromagnétiques qui se propagent dans des directions privilégiées (Fig.3). Elle est caractérisée par un certain nombre de paramètres dont les plus importants sont :

- le gain par rapport à l'antenne isotrope (qui rayonne de façon uniforme dans toutes les directions). Ce gain caractérise la capacité de focaliser la puissance qui est injectée à l'antenne. Il s'exprime en décibels (dBi).
- ses diagrammes de rayonnement dans le plan horizontal et dans le plan vertical.(Fig.4)
- sa hauteur par rapport au sol
- son angle d'inclinaison (tilt)
- son angle d'ouverture dans les plans horizontal et vertical (lié au diagramme d'antenne, au gain et à la fréquence d'émission)
- et bien évidemment, la puissance radiofréquence injectée à son accès coaxial par l'émetteur.

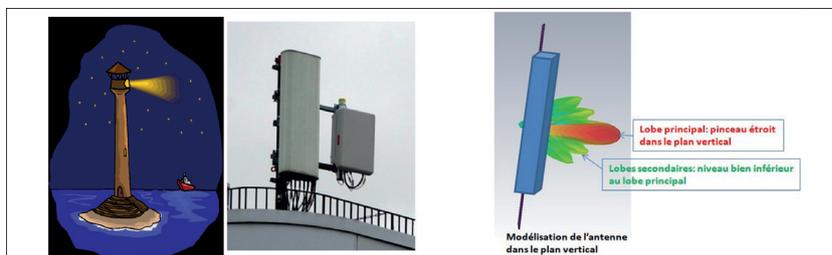


Figure 3

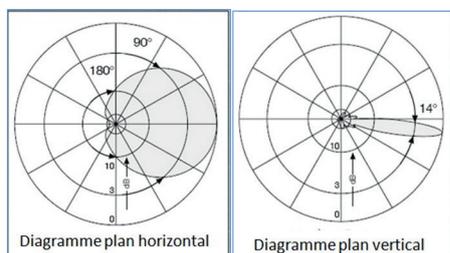


Figure 4. Exemple de diagrammes d'antenne

Mais avant d'aller plus loin, revenons un instant sur l'onde électromagnétique. Bien qu'assez complexe au plan théorique, une onde électromagnétique est définie par ses deux composantes principales, le champ électrique E et le champ magnétique H. On représente ces deux champs par des vecteurs qui sont liés, à partir d'une certaine distance dite de champ lointain et liée à la fréquence émise (ou à la longueur d'onde) et à la dimension de l'antenne.

L'unité de mesure de l'amplitude du champ électrique est le volt par mètre (V/m), celle du champ magnétique est l'ampère par mètre (A/m). Pour le domaine des fréquences radio, on s'intéresse principalement au champ électrique E dans le contexte de l'exposition des personnes aux émissions radioélectriques (cf. Chapitre 7).

Comme indiqué précédemment, l'onde électromagnétique s'atténue rapidement lorsque la distance à l'antenne d'émission augmente.

Le champ E est directement proportionnel à l'inverse de la distance lorsqu'il n'y a ni obstacle, ni réflexion sur des structures. Dans le cas contraire, l'atténuation du champ est beaucoup plus

importante et peut subir de grandes variations particulièrement en présence de structures réfléchissantes comme des structures métalliques, véhicules se déplaçant etc.

Le champ sera très fortement atténué, en présence de masques comme des collines ou des immeubles qui peuvent se trouver dans le faisceau principal de l'antenne. De plus, le diagramme de rayonnement de l'antenne va aussi jouer un rôle prépondérant dans ces questions d'ondes électromagnétiques dans le plan horizontal comme dans le plan vertical.

On abordera certains détails dans le chapitre sur la couverture radio et dans celui sur l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques.

5. Les fréquences

Les acteurs principaux de la gestion des fréquences des radiocommunications publiques avec les mobiles sur le territoire national sont d'abord l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) et l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et de la Poste (ARCEP).

Les missions de l'ANFR sont multiples dans ce domaine.

Elles concernent entre autres :

- la planification des bandes de fréquences en général et leur gestion
- la gestion des sites radioélectriques
- le contrôle du spectre des fréquences radio afin d'éviter les brouillages
- la maîtrise de l'exposition du public aux ondes radio

Les missions de l'ARCEP sont complémentaires dans ce domaine. Elle est en charge entre autres :

- de la réglementation applicable aux opérateurs de radiocommunications
- du dialogue avec les acteurs du secteur
- de la publication des cartes de couverture des opérateurs

Sans revenir sur l'histoire de la téléphonie mobile, le schéma suivant (Fig.5) montre de façon synthétique l'évolution des systèmes et des bandes de fréquences de la téléphonie mobile.

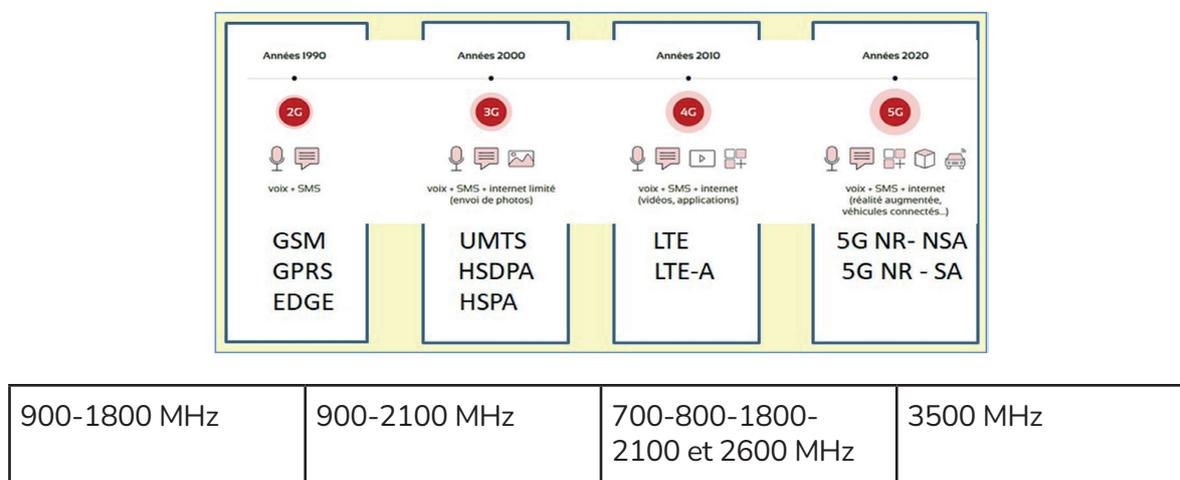


Figure 5

Aujourd'hui, la majorité des bandes de fréquences sont dédiées à la 4G et à la 5G ; il reste du GSM et de l'UMTS essentiellement dans la bande 900 MHz. Depuis 2010, la 4G appelée LTE s'est généralisée et la 2G GSM est en train de disparaître progressivement. Néanmoins, il reste encore des utilisateurs des systèmes 2G et 3G qui ne permettent pas des débits internet élevés, voire pas du tout d'internet. Enfin, ultérieurement, pour la 5G, des antennes relais dans la bande 26 GHz pourraient être installées mais en 2022, ce n'est pas encore le cas. Cela poserait de toute façon des problèmes d'installation et de couverture car les portées sont bien moindres dans cette bande de fréquence. On pense que ce type de déploiement ne pourrait se faire que pour des cas très particuliers.

6. La couverture radioélectrique

Une des préoccupations du public est la qualité de la réception du téléphone mobile. En général en ville, il n'y a pas de problème de réception sauf cas particulier lié à un déploiement insuffisant d'un ou des opérateurs dans la région.

La couverture radio d'une antenne relais d'un opérateur dépend très fortement de la propagation des ondes dans la zone et des caractéristiques d'émission de l'antenne relais.

Le champ électromagnétique en un point donné à une certaine distance de l'antenne relais (Fig.6) va dépendre :

- de la puissance d'émission injectée à l'antenne
- des caractéristiques de l'antenne (dont le gain et le diagramme de rayonnement dans le plan horizontal et dans le plan vertical) et de sa position.
- de la distance d entre l'antenne et le téléphone mobile
- de l'environnement (obstacles, bâtiments etc.)
- des réflexions multiples (sur le sol, sur les objets environnants etc.) liées à la mobilité propre de l'utilisateur ou des véhicules proches.

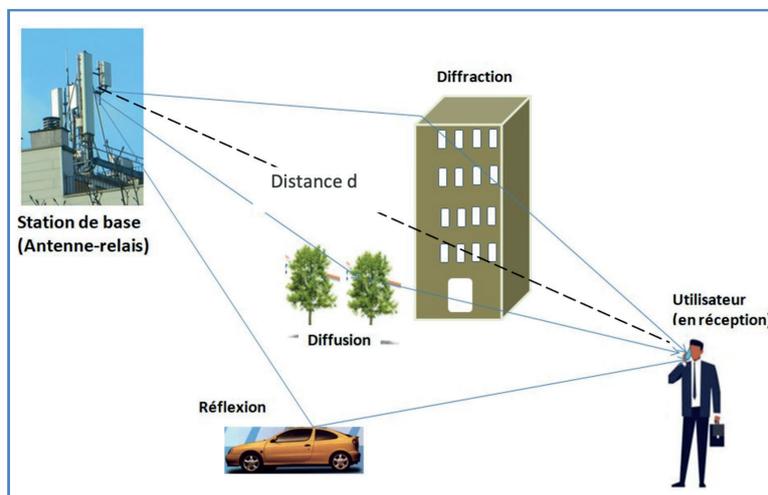


Figure 6

La zone de couverture illustre :

- le niveau de réception RF minimum acceptable par l'ensemble des mobiles
- la qualité de service.

L'ARCEP a donné des indications importantes pour la caractériser car elle sous traite régulièrement à des sociétés référencées des mesures de couverture radio des différents opérateurs afin de publier des taux de couverture au plan national pour chaque opérateur. L'ARCEP publie également des cartes de couverture par opérateur (cf.<https://monreseau-mobile.arcep.fr/>).

La figure 7 présente les critères choisis par l'ARCEP pour déterminer la qualité de service des opérateurs.

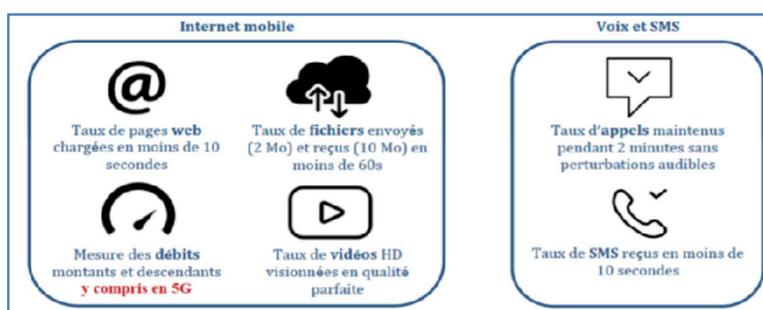


Figure 7

Cependant, il existe des indicateurs techniques intrinsèques de réception et de qualité qui sont directement accessibles dans le mobiles et donc disponibles pour se rendre compte de la qualité de la couverture. Ces indicateurs sont facilement récupérables via des applications comme l'application Open Barres de l'ANFR, ou Signal Strength (Fig.8) etc. qui sont disponibles essentiellement sur les téléphones Android relativement récents.

Pour la 4G, l'indicateur de couverture est le paramètre RSRP qui s'exprime en dBm (décibel rapporté à 1 milliwatt) et qui est tel que, si le niveau indiqué est supérieur à -107 dBm, la couverture est bonne.

Par contre, si le niveau est inférieur à -107 dBm, il peut y avoir dégradation de la qualité de service et si l'on est au dessous de -123 dBm, on peut avoir des coupures et même une impossibilité à établir une communication.

On n'entrera pas ici dans le détail technique de ce paramètre qui est assez complexe à définir.

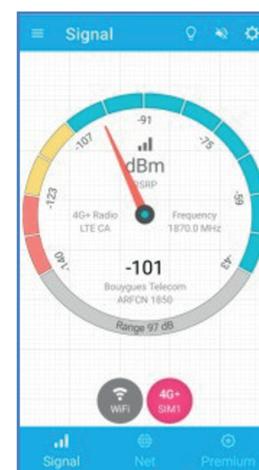


Figure 8

A titre d'information, il a été possible de réaliser des enregistrements du paramètre RSRP pour l'opérateur Orange sur la commune de Fontenay aux Roses entre le 31 janvier et le 5 février 2022 à l'aide de l'application Open Barres et de les rapporter sur Google Earth.

Le résultat est présenté à la figure 9.



Figure 9

En vert, la couverture est bonne, voire très bonne, en orange / jaune, elle est correcte ou acceptable.

En rouge, elle est limite et dans certains cas, mauvaise. Ces mesures ont été effectuées en extérieur soit à pied, soit en voiture, ce qui signifie qu'en intérieur et à fortiori en intérieur profond (sans proximité d'une fenêtre sur l'extérieur), il y a une dégradation notable de la communication.

De plus, on peut constater que la couleur verte se trouve essentiellement à la périphérie de Fontenay aux Roses car Orange n'a pas installé d'antenne-relais en centre-ville, contrairement aux trois autres opérateurs. C'est pourquoi la Mairie a commencé à échanger avec Orange dans le contexte des documents AMF de concertation Opérateurs-Maires. [1] et [2].

7. L'exposition des personnes aux champs électromagnétiques des antennes relais

Une autre préoccupation du public, et particulièrement des voisins immédiats des antennes-relais concerne l'exposition des personnes aux champs électromagnétiques. Dans les bandes de fréquences des radiocommunications publiques avec les mobiles, c'est le champ électrique E qui nous intéresse.

Suite à la recommandation 1999/519/CE du Conseil de l'Union Européenne du 12 juillet 1999 relative à l'exposition du public aux champs électromagnétiques de 0 Hz à 300 GHz, le décret 2002- 775 du 3 mai 2002 a été publié le 5 mai 2002 au JORF.

Dans les bandes de fréquence des radiocommunications avec les mobiles, le champ mesuré sur tout point accessible au public ne doit jamais dépasser les valeurs limites indiquées au tableau 1 suivant.

BANDE de FREQUENCES (MHz)	Champ E maximum (V/m)
700	37
800	39
900	41
1800	58
2100	61
2600	61
3500	61

Tableau 1

Cependant, compte tenu des controverses sur les questions de santé liées à l'exposition aux champs électromagnétiques des antennes relais et de différents documents publiés depuis les années 2000, et comme indiqué au chapitre 2 de ce document sur les aspects spécifiques de Fontenay aux Roses, conformément au Plan Local d'Urbanisme de la ville (P.L.U.), des restrictions ont été apportées à ces valeurs maximales réglementaires.

Pour approfondir la question, on peut étudier sommairement le comportement d'une antenne classique de radiotéléphonie mobile dite « multi-bandes » et c'est principalement le fonctionnement de l'antenne dans le plan vertical qui a un rôle majeur dans l'exposition du public.

Dans le plan vertical, le lobe principal de l'antenne correspond à un pinceau assez étroit de 3 à 8 degrés angulaires et rayonne la plus grande partie de la puissance émise par l'antenne.

Ce pinceau électromagnétique est légèrement oblique vers la terre avec un angle dit de « tilt » de quelques degrés 3 à 6° habituellement. Le lobe principal n'affleure le sol qu'à une distance de quelques centaines de mètres compte tenu de l'angle de tilt.

Par contre, ce sont les lobes secondaires qui vont jouer un rôle important à proximité de la structure de l'antenne relais. Or, c'est une donnée qui est souvent oubliée par les constructeurs d'antennes ou donnée par défaut. La figure 10 représente un diagramme d'une antenne-relais qui a été effectivement mesurée.

Généralement, au sol à proximité du site ou sous l'antenne, on bénéficie d'une moindre exposition que si on se trouve dans l'axe de rayonnement de l'antenne à la même distance.

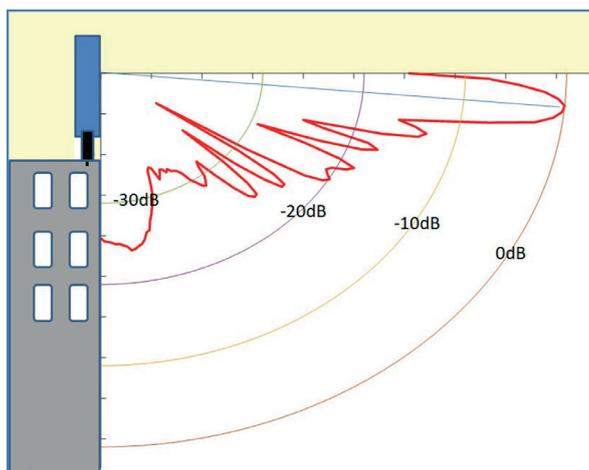


Figure 10

A titre d'information et comme exemple, on a effectué quelques calculs simplifiés de champ électrique E avec des paramètres vraisemblables d'émission tels qu'utilisés par les opérateurs pour une seule fréquence d'émission et pour l'ensemble des émissions d'un site radioélectrique.

Fréquence émission (MHz): 700
Gain maximum de l'antenne (dBi) : 16
Hauteur de l'antenne de la station de base (m) : 25
Puissance RF à l'accès antenne (W) : 50
Hauteur du point où est effectuée la mesure (m) : 1.5
Angle de tilt de l'antenne (°): 5
PIRE (dBW) = 33

On a calculé le champ produit par l'antenne en émission présentée à la figure 10, soit à 1,5 m du sol, soit dans l'axe de rayonnement sans aucun obstacle et sans aucune réflexion. C'est un calcul théorique qui donne un ordre de grandeur vraisemblable. La distance indiquée correspond à la distance entre l'antenne et le point où l'on peut se trouver. (Fig.11)

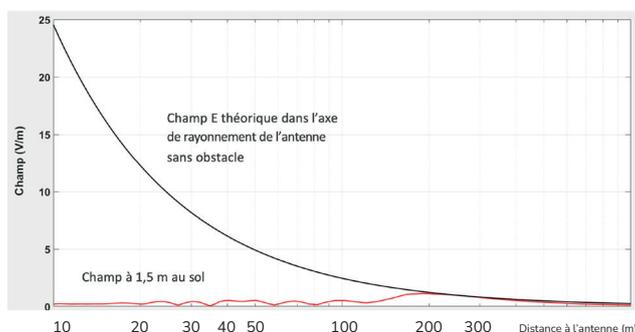


Figure 11

Cependant, avec 6 émissions simultanées correspondant aux différentes bandes de fréquences (hors 5G) et dans des conditions similaires, on peut constater une augmentation théorique du champ électromagnétique global. (Fig.12). Attention au changement d'échelle de cette figure 12 par rapport à la figure 11.

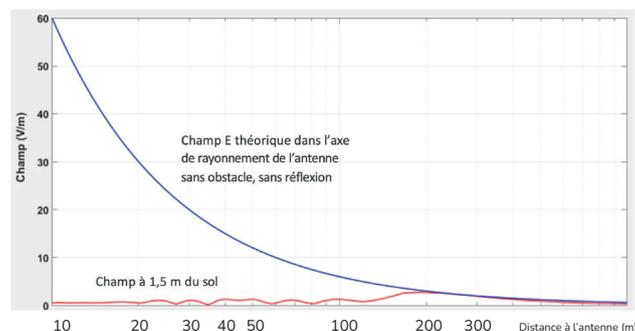


Figure 12

La figure 13 montre de façon plus détaillée la variation théorique du champ à 1,5m du sol pour 6 émissions simultanées avec les mêmes puissances d'émission et avec le même diagramme d'antenne dans le plan vertical (Fig10), dans l'hypothèse où il n'y a ni obstacle ni réflexion des ondes.

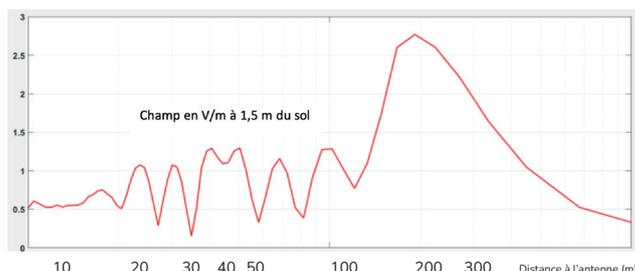


Figure 13

Ces résultats montrent qu'au niveau du sol, les niveaux d'exposition théoriques sont acceptables. La remontée du champ autour de 200 m s'explique par le fait que le lobe principal vient affleurer au niveau du sol (lié à l'angle d'inclinaison du faisceau principal) et induit ce phénomène qui sur le terrain ne se perçoit pas en général car qu'il est très rare qu'il n'y ait pas d'obstacle au-delà de 100 m ce qui diminue considérablement le niveau de champ. Cependant, ces calculs ne sont qu'un exemple car les résultats sont tributaires des diagrammes de rayonnement des antennes dans le plan vertical, d'autant que les lobes secondaires sont aussi affectés par l'installation de l'antenne sur le site d'émission.

Dans ces conditions, en cas de doute, on ne peut se passer de réaliser des mesures de champ pour pouvoir être rassuré.

Comme indiqué au chapitre 3, c'est l'ANFR qui a la responsabilité de la gestion des mesures de champ. Elle traite des aspects techniques (respect des valeurs limites d'exposition RF par les opérateurs et industriels des télécoms, définit la méthodologie de mesures (Protocole de mesure ANFRDR 15-4.1 [3]), gère des demandes de mesures, (Depuis le 1er janvier 2014, toute personne peut faire mesurer l'exposition aux ondes électromagnétiques aussi bien dans les locaux d'habitation que dans les lieux accessibles au public) et s'assure de la publication des résultats des mesures effectuées (par des laboratoires compétents accrédités par le COFRAC) sur le site www.cartoradio.fr

De plus, 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 la charge de :

- 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. Ces points atypiques sont ceux où le champ global dépasse la valeur de 6V/m.

Dans ce contexte, quelques mesures ont déjà été effectuées dans Fontenay aux Roses par le laboratoire EXEM missionné par l'ANFR à la demande de la mairie. Les rapports sont disponibles sur le site cartoradio.fr.

Sur les questions relatives à la santé, l'Agence Nationale de Sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'Environnement et du travail (ANSES) s'occupe de l'étude des aspects sanitaires éventuels des questions d'environnement dont les Radiofréquences et collabore étroitement avec l'ANFR sur ce sujet. Elle gère toute saisine externe ou interne sur les sujets d'environnement et lance régulièrement des projets de recherche comme par exemple celui de 2022 [8].

Elle publie régulièrement des rapports. Le plus récent (Février 2022) relatif aux champs électromagnétiques est celui lié au déploiement de la technologie 5G.[9]

8. La technologie 5G

La technologie 5G est un prolongement de la 4G avec quelques évolutions non-négligeables.

La première évolution est une nouvelle bande de fréquence dans l'immédiat (3500 MHz), plus tard (?) on verra le déploiement de microcellules dans la bande 26 GHz. La bande 3500 MHz n'est pas très différente de la bande 2600 MHz en termes de propagation ou d'exposition des personnes (mêmes limites d'exposition).

La deuxième évolution est le fait que le mode de fonctionnement de l'émission est différent de la 4G. C'est un mode « ping pong » ou duplex temporel (TDD), les fréquences sont émises alternativement entre le mobile et l'antenne relais.

La troisième évolution concerne les bandes passantes de chaque émission ; là où la 4G ne dépasse pas 20 MHz de bande passante, la bande passante de la 5G peut aller jusqu'à 80 MHz afin d'assurer soit des débits instantanés plus importants, soit assurer un débit correct à plus d'utilisateurs.

De ce fait, la 5G peut nécessiter des puissances d'émission plus importantes que la 4G. C'est un point à vérifier auprès des opérateurs.

Cependant, les antennes relais en 5G sont dites « intelligentes » ; elles sont soit multi-faisceaux soit à faisceau dirigé vers l'utilisateur à chaque instant (Figure 14), ce qui diminue potentiellement l'exposition du voisinage immédiat.



Figure 14

Enfin, la technologie 5G va exister sous deux formats qui coexisteront:

- a) Le format actuel (en 2022) appelé 5G-NR NSA (« non stand-alone ») car il s'appuie sur la présence de la 4G pour fonctionner et utilise l'infrastructure du réseau 4G.
- b) Le format 5G-NR SA (« stand alone ») qui aura une infrastructure de réseau indépendante de la 4G

9. Conclusion

Ce document est donc une synthèse de la problématique des antennes relais sur la commune de Fontenay aux Roses. Il a mis l'accent sur les aspects réglementaires, techniques et environnementaux de l'installation des antennes relais sur la commune.

Les conclusions de ce document sont qu'il est tout d'abord fondamental de maintenir un dialogue et une concertation entre la Mairie et les opérateurs de réseaux de radiocommunications mobiles, d'assurer l'information du public et des riverains des sites radioélectriques en particulier, suffisamment en avance, pour pouvoir apaiser les difficultés liées à l'installation des antennes relais.

Il faut s'assurer aussi de la pertinence des nouveaux projets en demandant aux opérateurs de justifier toute nouvelle installation dans un document plus détaillé que le Dossier d'Information Mairie (DIM) actuel.

Ce dossier ou cette extension de DIM devrait inclure :

- un état de la couverture radio avant la nouvelle installation (impliquant des mesures)
- une prédiction de couverture après installation et une démonstration de l'amélioration de couverture dans la zone concernée.
- une cartographie de prédiction du champ E vis-à-vis de l'exposition des personnes dans un rayon de 100 m autour des antennes installées dans les conditions de mesures du protocole ANFR le plus récent et de conformité aux exigences du PLU de Fontenay aux Roses
- une vérification de l'absence de tout point atypique au sens ANFR de limite 6V/m (par exemple, pouvant être lié à la présence de fenêtres ou de balcons d'immeuble coupant le faisceau des antennes à moins de 100 m à vue directe)

10. Références bibliographiques

[1]. Téléphonie mobile : Guide et mémento des relations entre opérateurs et communes. Association des Maires de France (AMF). Décembre 2007

https://www.amf.asso.fr/m/document/fichier.php?FTP=AMF_20080104_Memento_GROC_v2.pdf&id=8308
https://www.amf.asso.fr/m/document/fichier.php?FTP=AMF_20071227_guide_relation_operateur_s_communes.pdf&id=8308

[2]. Note 109. Maire et antennes relais. Association des Maires de France (AMF). Décembre 2013 https://www.amf.asso.fr/m/document/fichier.php?FTP=AMF_11395_NOTE.pdf&id=11395

[3]. Site de l'Agence Nationale des Fréquences (ANFR) <https://anfr.fr/>
Pour la bande 3,5 GHz: <https://www.anfr.fr/gestion-des-frequences-sites/bande-3490-3800-mhz/#c10644>
Pour l'exposition des personnes : <https://www.anfr.fr/maitriser/cadre-juridique>
Pour le protocole de mesure de l'exposition des personnes <https://www.anfr.fr/maitriser/les-installations-radioelectriques/protocole-de-mesure>

[4]. Site de l'Autorité de Régulation des Communications Electroniques et de la Poste (ARCEP) <https://www.arcep.fr/>
Kit du régulateur pour la couverture des réseaux mobiles https://www.arcep.fr/fileadmin/cru-1582035919/user_upload/Kit_du_regulateur_v04-2.pdf

[5]. <https://monreseaumobile.arcep.fr/> <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/mon-reseau-mobile/>

[6]. Charte relative à la téléphonie mobile prise entre la Ville de Paris et les opérateurs de téléphonie mobile. <https://cdn.paris.fr/paris/2019/07/24/a02b0a220d070281bfcc18cb562a4cc0.pdf>

[7] ANFR. Protocole de mesure ANF/DR 15-4.1. Octobre 2019 <https://www.anfr.fr/fileadmin/mediatheque/documents/espace/Protocole-mesure-15-4.1.pdf>

[8]. ANSES. Exposition aux champs électromagnétiques liée au déploiement de la technologie « 5G » <https://www.anses.fr/fr/system/files/AP2019SA0006RA-2.pdf>

[9] ANSES Appel à projets 2022 « Radiofréquences et santé » https://www.anses.fr/fr/system/files/APREST_2022-RF.pdf

[10]. European Commission . Radio Spectrum Policy Group. Strategic Roadmap towards 5 G for Europe. https://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/RPSG16-032-Opinion_5G.pdf <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019D0235&from=EN>

11. Glossaire

GSM Global System for Mobile communication (2G) **GPRS** Global Packet Radio Service (2G+)

EDGE Enhanced Data for GSM (2G++)

UMTS Universal Mobile Telecommunication System (3G) **HSDPA** High Speed Downlink Packet Access (3G+)

HSPA High Speed Packet Acces (3G++) **LTE** Long Tem Evolution (4G)

LTE-A Long Term Evolution- Advanced (4G+)

PIRE Puissance isotrope rayonnée équivalente : produit de la puissance injectée à l'antenne par le gain numérique de l'antenne référencé à une antenne isotrope et converti habituellement en décibels par rapport à 1 Watt. (Définition simplifiée), la PIRE correspond à la puissance maximum d'émission de l'antenne dans le faisceau principal.

RSRP Reference Signal Received Power (Puissance reçue du signal de référence) **RSRQ** Reference Signal ReceivedQuality (Qualité du signal de référence reçu)

SINR Signal to noise plus interference Ratio (Rapport signal sur bruit plus interférence)

UE User equipment (terminal ou téléphone mobile de l'utilisateur) **FDD** Frequency Division Duplex (Duplex fréquentiel)

TDD Time Division Duplex (Duplex Temporel de fréquence ou temps partagé entre l'émission et la réception sur la même fréquence)

5G NR 5G New Radio

NSA Non Stand Alone (5G liée aux infrastructures/réseau 4G)

SA Stand Alone(5G indépendante des infrastructures/réseau 4G)

MIMO Multiple-Input Multiple-Output (antennes multi-faisceaux pilotables)

Antenne isotrope : Antenne théorique de référence. Elle rayonne uniformément dans toutes les directions de l'espace et a une symétrie sphérique.