

GUIDE TECHNIQUE

MODELISATION DES SITES RADIOELECTRIQUES ET DES PERIMETRES DE SECURITE POUR LE PUBLIC

Version II

22/02/2008

Table des Matières.

Introduction	3
1 Contexte	3
1.1 Restrictions de base et niveaux de référence	3
1.2 Contexte normatif	5
1.3 Eléments de base pour la détermination des niveaux de champs et des périmètres de sécurité	5
2 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les stations de base de radiotéléphonie mobile (y compris les systèmes GSM900, GSM1800 et UMTS/IMT2000)	8
2.1 Généralités	8
2.2 Macro cellule sur point haut	9
2.3 Macro cellule sur terrasse ou autre zone accessible	11
2.4 Macro-cellule en zone urbaine : antenne panneau en façade	13
2.4.1 Distances de sécurité pour les antennes panneau en façade pour les macro-cellules :.....	13
2.4.2 Règles particulières d'installation des antennes en façade et application pour les antennes panneau en macro-cellule.....	14
2.5 Micro-cellule : antenne fouet ou panneau en façade	17
2.5.1 Distances de sécurité pour les antennes fouet ou panneau en façade pour les micro-cellules.....	17
2.5.2 Règles particulières d'installation des antennes en façade et application pour les antennes en micro-cellule.....	18
2.6 Pico cellule – intérieur d'un bâtiment.....	19
2.7 Installation de plusieurs antennes sur un même site (accessible au public)	20
3 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les émetteurs FM et TV de radiodiffusion	23
3.1 Généralités	23
3.2 Modélisation des niveaux de champs et des périmètres de sécurité pour les émetteurs de radiodiffusion FM	23
3.3 Modélisation des niveaux de champs et des périmètres de sécurité pour les émetteurs de radiodiffusion TV	27
4 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les systèmes de Boucle Locale Radio à large bande à 3,5GHz tels que WiMax	29
4.1 Généralités	29
4.2 Antennes de stations centrales	29
4.2.1 Antennes fouet :	29
4.2.2 Antennes panneaux :	30
4.3 Antennes pour terminaux abonnés de type fixe	31
5 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les systèmes de radiocommunications professionnelles PMR à 400 MHz	32
5.1 Généralités	32
5.2 Réseaux privés (réseaux d'entreprises, communautés urbaines...).	33
5.3 Réseaux étendus à puissance limitée.....	35
5.4 Réseaux étendus de capacité modulable (type réseaux de sécurité)	35
5.4.1 Sites de 2 à 16 porteuses sur une antenne type omnidirectionnelle.....	36
5.4.2 Sites de 2 porteuses sur une antenne type sectorielle de gain max 15 dBi.....	37
5.4.3 Sites de 4 porteuses sur une antenne type sectorielle de gain max 15 dBi.....	38
5.4.4 Sites de 8 porteuses sur une antenne type sectorielle de gain max 15 dBi.....	39
5.4.5 Sites de 16 porteuses sur une antenne type sectorielle de gain max 15 dBi.....	39
6 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les systèmes utilisés dans les réseaux locaux RLAN à 2,45 GHz tels que le WiFi	41
6.1 Généralités	41
6.2 Caractéristiques des émetteurs.....	41
6.3 Résultats et périmètres de sécurité.....	42
7 Futures évolutions	44

Introduction.

La circulaire DGS/7D - UHC/QC/ - D4E – DIGITIP, du 16 octobre 2001 est relative à l'implantation des antennes relais de radiotéléphonie mobile. Elle fixe, en particulier, des règles pratiques d'installation des stations de base, visant notamment à délimiter les périmètres de sécurité autour des antennes relais.

Ce guide technique **informatif** a pour objectif de compléter cette circulaire en précisant pour des configurations typiques le moyen de déterminer a priori les zones où les niveaux de référence sont susceptibles d'être dépassés en fonction des principaux matériels émetteurs actuels. Il fournit ainsi des lignes directrices simples pour guider les exploitants des installations radioélectriques dans la délimitation de ces zones autour des stations radioélectriques.

La présente version traite des systèmes de radiotéléphonie mobile (GSM à 900 et 1800 MHz, UMTS/IMT2000), de radiodiffusion (radiodiffusion sonore en FM et télévision terrestre analogique et numérique en bande UHF), de boucle locale radio à 3,5 GHz de type WiMax, de radiocommunications professionnelles PMR à 400 MHz et de réseaux locaux RLAN à 2,45 GHz de type WiFi.

Ce guide sera amené à être complété, en particulier en y intégrant des systèmes non abordés dans cette présente version (systèmes de réseaux locaux RLAN à 5 GHz, faisceaux hertziens du service fixe, télévision mobile personnelle, UMTS à 900 et 1800 MHz...).

1 Contexte.

1.1 Restrictions de base et niveaux de référence

Sur la base des évaluations de risque publiées à ce jour au plan international, tant sous l'égide de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) que de la Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements Non Ionisants (ICNIRP), le Conseil de l'Union européenne a publié le 12 juillet 1999 une recommandation concernant la limitation de l'exposition du public à l'ensemble des champs électromagnétiques (de 0 Hz à 300 GHz).

Ces valeurs limites ont été transposées en droit interne par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002 relatif aux valeurs limites d'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.

"*Restrictions de base*" - Le décret définit les niveaux d'exposition admissibles pour le public. Ces niveaux d'exposition sont appelés "les restrictions de base". Pour la gamme de fréquences de 10MHz à 10 GHz, ces restrictions sont constituées par la valeur limite du débit d'absorption spécifique (DAS), qui s'exprime en W/kg corps entier (watts par kilogramme pour le corps entier), cette valeur étant fixée par la recommandation européenne à 0,08 W/kg corps entier.

Ces niveaux représentent l'exposition réelle de la personne et ne doivent en aucun cas être dépassés.

"Niveaux de référence" - Le décret définit des niveaux de référence plus facilement accessibles à la mesure, dont le respect garantit celui des restrictions de base précitées. Ces niveaux ont été déduits des restrictions de base en supposant un couplage maximal avec l'individu (par exemple, champ uniforme de la tête au pied). Ces niveaux représentent bien l'exposition quand l'antenne est suffisamment loin. Ils ont tendance à surestimer l'exposition lorsque les émissions sont à proximité immédiates de l'individu. A une distance inférieure à la longueur d'onde, il est judicieux de revenir aux restrictions de base.

Les niveaux de référence retenus pour l'exposition du public sont définis dans le décret du 3 mai 2002 :

Fréquence f	Intensité du champ électrique	Intensité du champ magnétique	Densité de puissance
10-400 MHz	28 V/m	0,073 A/m	2 W/m ²
400-2000 MHz	1,375*f ^{1/2} V/m	0,0037*f ^{1/2} A/m	f/200 W/m ²
2-300 GHz	61 V/m	0,16 A/m	10 W/m ²

Table 1.1: niveaux de référence pour l'exposition du public définis dans le décret

Nous avons alors, pour les fréquences actuellement utilisées par les systèmes abordés dans ce guide :

Fréquence f	Type de système	Intensité du champ électrique	Intensité du champ magnétique	Densité de puissance
87,5-108 MHz	Radiodiffusion FM	28 V/m	0,073 A/m	2 W/m ²
174-233 MHz	Radiodiffusion TV bande III	28 V/m	0,073 A/m	2 W/m ²
470-862 MHz	Radiodiffusion TV bandes IV et V	29 – 40 V/m	0,08 – 0,1 A/m	2,3 – 4,3 W/m ²
900 MHz	GSM 900	41 V/m	0,1 A/m	4,5 W/m ²
1800 MHz	GSM 1800	58 V/m	0,15 A/m	9 W/m ²
2100 MHz	UMTS	61 V/m	0,16 A/m	10 W/m ²
3500 MHz	Systèmes de Boucle Locale Radio à large bande (type WIMAX)	61 V/m	0,16 A/m	10 W/m ²

Table 1.2: niveaux de référence pour l'exposition du public des systèmes abordés dans ce guide

1.2 Contexte normatif

Dans le cadre de la [directive 1999/5/EC](#) (équipements hertziens et équipements terminaux de télécommunications) et de la [directive 73/23/EEC](#) (équipements basse tension), la Commission Européenne a chargé les organismes de normalisation européens de préparer et d'adopter des normes harmonisées concernant les émissions de champs électromagnétiques de 0 à 300 GHz.

En particulier, les normes de mise en service (par exemple, norme CENELEC EN 50 400 pour la mise en service des équipements fixes de transmission radio dans la bande 110 MHz – 40 GHz) définissent des méthodes pour déterminer la zone d'accessibilité au public.

1.3 Eléments de base pour la détermination des niveaux de champs et des périmètres de sécurité

Dans ce guide, les périmètres de sécurité sont définis comme les zones à l'intérieur desquelles les niveaux de référence sont dépassés ou susceptibles d'être dépassés.

Afin de déterminer les niveaux de champ et les périmètres de sécurité, plusieurs méthodes ont été utilisées dont :

- Méthode de calcul en champ lointain : le champ électrique est calculé au moyen de la formule donnée ci-dessous applicable pour les champs lointains en supposant une propagation en espace libre.

$$E^2=30 \cdot P \cdot G / \text{dist}^2 \quad (1)$$

Avec E : valeur du champ électrique (en V/m),
P : puissance injectée à l'antenne (en W),
G : gain,
dist : distance entre l'émetteur et le point considéré (en m).

Cette méthode s'applique lorsque le point où le champ est calculé est à une certaine distance de l'émetteur.

- Méthodes de simulations en champ proche. De telles méthodes sont appropriées pour déterminer les niveaux de champ au voisinage de l'antenne émettrice.

Pour des antennes de faible puissance (stations de base en pico-cellule, ...), et en raison de leur proximité potentielle avec l'utilisateur, la vérification directe de la conformité aux restrictions de base est plus pertinente et techniquement plus justifiée que la vérification de la conformité aux niveaux de

référence, afin de ne pas induire des périmètres de sécurité inadaptés. Il est donc nécessaire d'évaluer le DAS. La mesure est effectuée conformément à la norme CENELEC EN 50383 (« Norme de base pour le calcul et la mesure des champs électromagnétiques et SAR associés à l'exposition des personnes provenant des stations de base radio et des stations terminales fixes pour les systèmes de télécommunication sans fil (110 MHz - 40 GHz) »). Cette norme est citée dans la norme CENELEC EN 50385 (« Norme de produit pour démontrer la conformité des stations de base radio et des stations terminales fixes pour les communications sans fil, par rapport aux restrictions de base ou aux niveaux de référence relatifs à l'exposition du public aux champs électromagnétiques (110 MHz-40 GHz) »), qui est une norme harmonisée pour la directive RTTE.

Il est important de noter que les valeurs de champ et les périmètres de sécurité définis le sont pour des configurations typiques des systèmes envisagés. Les antennes et les puissances utilisées représentent les cas classiques d'utilisation. De même, les scénarios sont des scénarios classiques, où seules les pertes en espace libre sont prises en compte.

Pour des dispositions plus spécifiques (par exemple présence d'édicules), l'utilisation de la norme CENELEC EN 50400 est plus appropriée.

Il est à noter que, compte tenu des caractéristiques de décroissance de champs électrique, les niveaux de champ électromagnétiques sont rapidement très inférieurs aux niveaux de référence en dehors des périmètres de sécurité. Les figures 1.1 et 1.2 ci-dessous illustrent l'évolution du champ électrique en fonction de la distance par rapport à l'émetteur dans les zones de champ lointain et de champ proche respectivement.

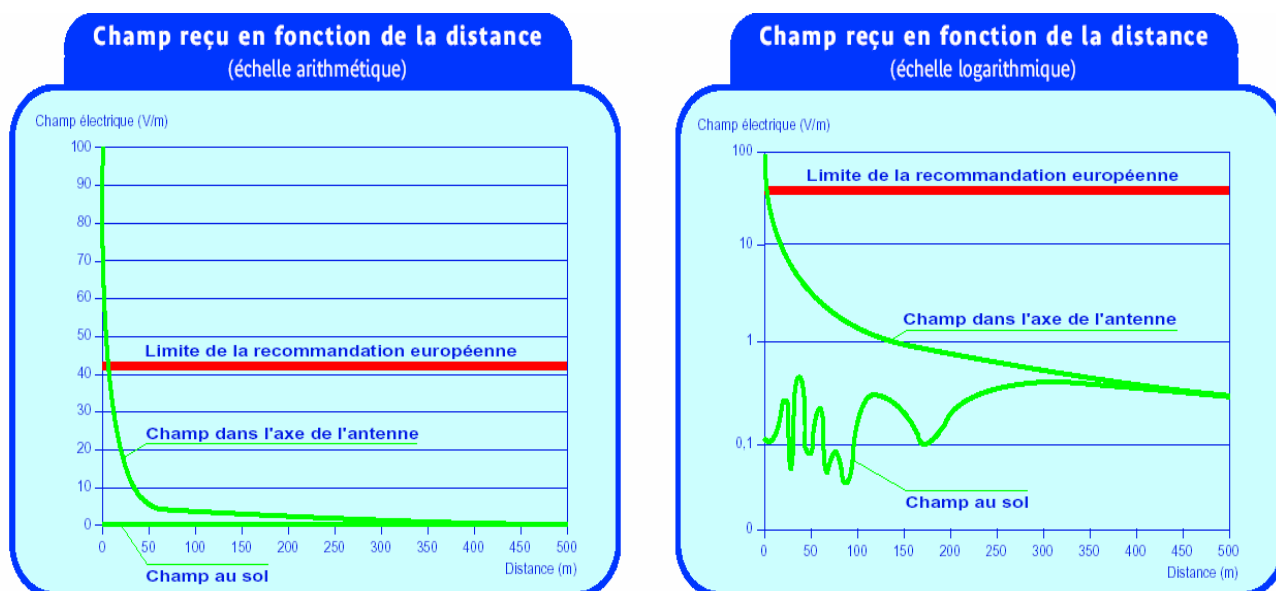


Figure 1.1 : Evolution du champ électrique en fonction de la distance en zone de champ lointain (Antenne GSM 900, puissance émetteur 20 W, hauteur d'antenne 30 mètres, antenne gain max 15,5 dB, inclinée de 2,5° vers le bas)

La figure 1.1 démontre bien la décroissance du champ dans l'axe du faisceau principal. On note aussi que le champ au sol est faible. Cependant, dû au diagramme d'antenne directif des antennes panneaux sectorielles, le champ au sol ne suit pas une décroissance linéaire par rapport à la distance.

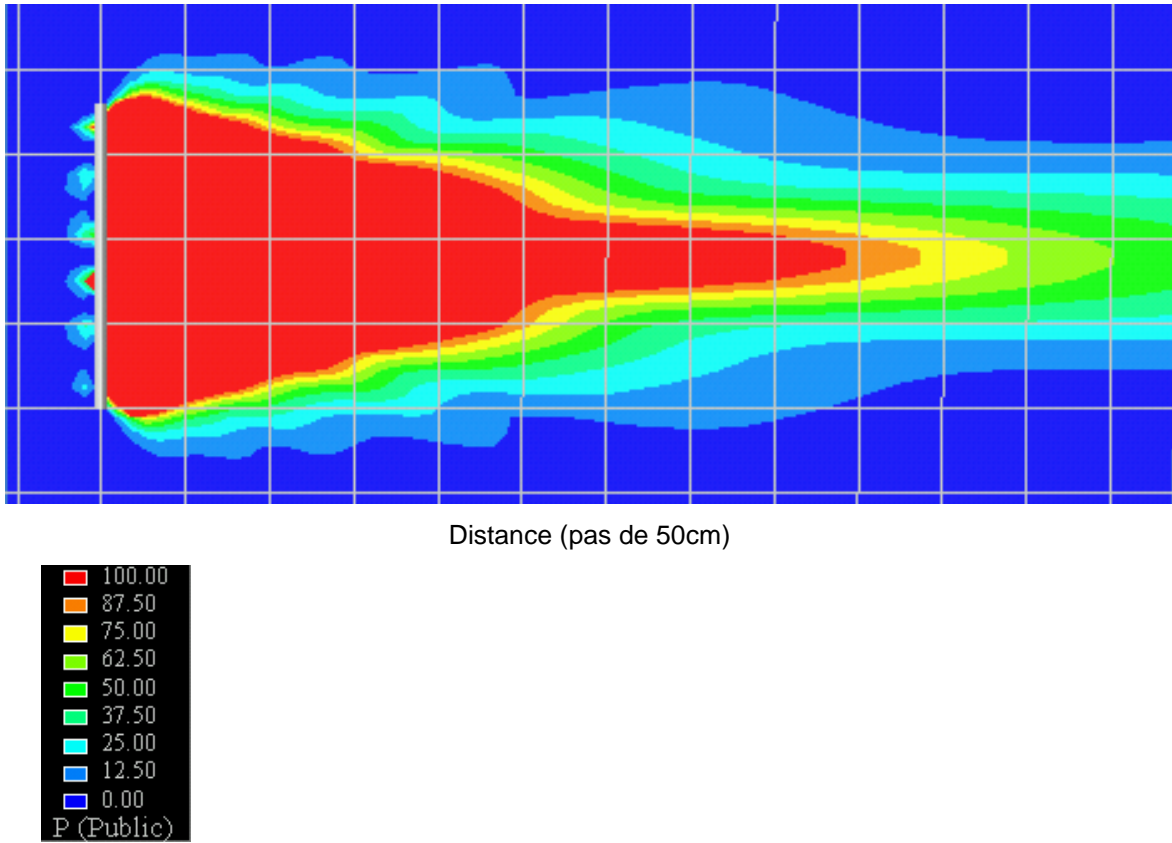


Figure 1.2 : Niveaux de champ électrique autour d'une antenne panneau bi-bande GSM900-UMTS

2 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les stations de base de radiotéléphonie mobile (y compris les systèmes GSM900, GSM1800 et UMTS/IMT2000).

2.1 Généralités

Dans ce chapitre sont décrits les caractéristiques des principaux types de stations de base actuellement implantées et les périmètres de sécurité à l'intérieur desquels les niveaux de référence sont dépassés ou susceptibles d'être dépassés.

Remarques :

- Dans la mesure où ces périmètres ont été établis pour les stations de base actuellement utilisées et pour les configurations les plus fréquemment rencontrées sur les réseaux GSM 900 MHz et GSM 1800 MHz, ils devront être adaptés au cas par cas par les opérateurs, en fonction des possibles évolutions du matériel utilisé et de l'éventuelle complexité de la configuration de l'installation (cohabitation de plusieurs antennes notamment).
- Par ailleurs, les réseaux de radiocommunication sont appelés à évoluer au cours des prochaines années, avec l'apparition ou le développement de nouvelles normes, correspondant dans chaque cas à des fréquences différentes et donc à des niveaux de référence différents. Ce guide intègre les règles techniques applicables à l'UMTS à 2100 MHz en se fondant sur les configurations les plus fréquemment envisagées. Les cas de stations bi-bandes et tri-bandes permettant d'offrir avec la même antenne 2 ou 3 services (parmi GSM 900 MHz, GSM 1800 MHz et UMTS) sont également traités. Si nécessaire, ce guide sera modifié ou complété ultérieurement afin d'intégrer les règles techniques applicables à d'autres systèmes ou normes.
- Les notions de macro-, micro- et pico-cellules sont introduites pour classifier les antennes. Dans ce guide, la puissance émise considérée par bande de fréquences est le critère utilisé pour déterminer cette classification :
 - Macro-cellule : puissance > 2 W,
 - Micro-cellule : $1\text{ W} < \text{puissance} \leq 2\text{ W}$,
 - Pico-cellule : puissance $\leq 1\text{ W}$.
- Les types d'antennes rencontrées se subdivisent en deux grandes catégories : les antennes panneau, directionnelles, et les antennes fouet, omnidirectionnelles.

- Les termes mono-bande, bi-bandes, tri-bandes et dissymétriques sont employés dans ce guide pour qualifier les antennes.
 - Une antenne est mono-bande lorsqu'elle émet et reçoit sur une seule bande de fréquences (ex : GSM900 ou GSM 1800 ou UMTS 2100 MHz).
 - Une antenne est bi-bandes lorsqu'elle émet et reçoit sur deux bandes de fréquences différentes (ex : GSM 900 et GSM 1800, ou GSM 900 et UMTS 2100, ou GSM 1800 et UMTS 2100).
 - Une antenne est tri-bandes lorsqu'elle émet et reçoit sur trois bandes de fréquences différentes (ex : GSM 900 et GSM 1800 et UMTS 2100).
 - Dans le cadre de la co-localisation d'antennes, deux antennes installées à proximité l'une de l'autre et ayant le même azimut sont considérées dissymétriques lorsque le nombre ou leur(s) bande(s) de fréquences de fonctionnement sont différentes (ex : mono-bande/bi-bandes, mono-bande/tri-bandes ou bi-bandes/tri-bandes).
 - Limites d'exposition pour les antennes bi-bandes et tri-bandes : les limites d'exposition en terme de champ électrique (E en V/m) varient en fonction des fréquences émises. A **900 MHz**, la limite est de **41 V/m**, à **1800 MHz** de **58 V/m** et au delà de **2 GHz** de **61 V/m**. La recommandation spécifie comment sommer les contributions à des fréquences différentes à partir de la formule suivante :

$$\sum_{1MHz}^{300GHz} \left(\frac{E_i}{E_{i\text{ limite}}} \right)^2 \leq 1$$

C'est à partir de cette inéquation que les périmètres de sécurité sont évalués par rapport aux niveaux de référence.

2.2 Macro cellule sur point haut

La station de base est située sur un emplacement isolé et sur un point haut comme les pylônes. Ces antennes sont en général inaccessibles au public, à l'exception de certains professionnels, et le périmètre ne peut être matérialisé. En conséquence, les opérateurs devront afficher les informations requises (présence d'antenne et numéro d'appel téléphonique de l'opérateur) au point d'accès (échelle, porte..) dès lors qu'il est situé en dehors de la zone identifiée ci-dessous.

Macro cellule - zone rurale
Antenne sur pylône ou point haut
fréquence 900, 1800 et 2100 MHz

Autour de l'antenne / dans le plan horizontal	3 m
Au-dessous de l'antenne	0,5 m
Au-dessus de l'antenne	0,5 m

Table 2.1 : périmètres de sécurité pour une antenne mono-bande de macro cellule sur pylône ou point haut

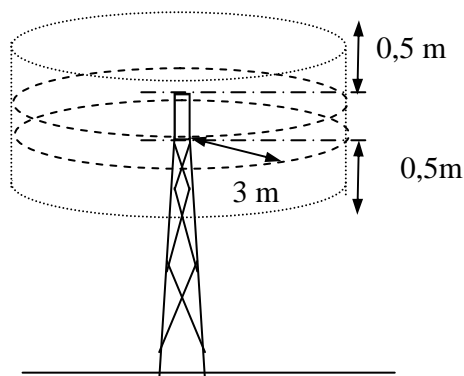


Figure 2.1 : antenne mono-bande de macro cellule sur un pylône ou point haut

	Macro cellule - zone rurale Antenne bi-bandes (900-1800, 900-2100 ou 1800-2100 MHz) sur pylône ou point haut	Macro cellule - zone rurale Antenne tri-bandes (900-1800-2100 MHz) sur pylône ou point haut
Autour de l'antenne / dans le plan horizontal	4,50 m	5 m
Au-dessous de l'antenne	0,5 m	0,5 m
Au-dessus de l'antenne	0,5 m	0,5 m

Table 2.2 : périmètres de sécurité pour des antennes bi-bandes ou tri-bandes de macro cellule sur pylône ou point haut

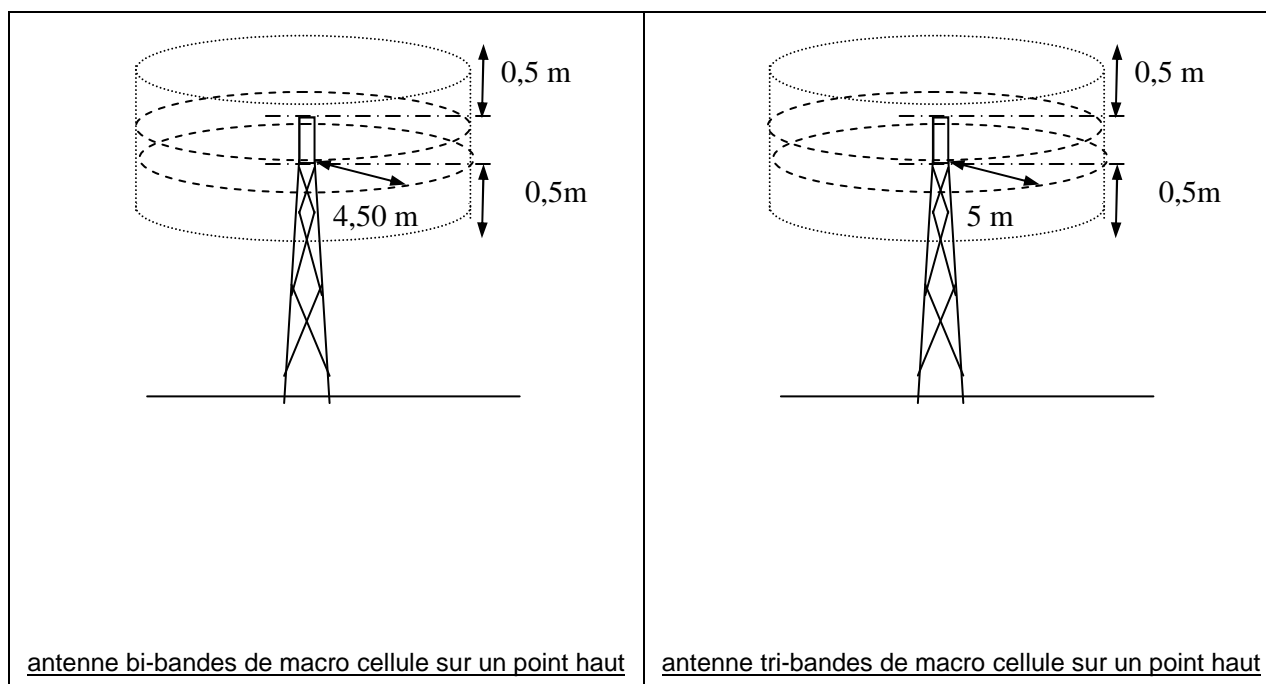


Figure 2.2 : antennes bi-bandes ou tri-bandes de macro cellule sur pylône ou point haut

2.3 Macro cellule sur terrasse ou autre zone accessible

La station de base est le plus fréquemment installée sur les toitures des immeubles, soit directement sur une terrasse, soit en bordure de terrasse, soit en haut d'un mât métallique. Le problème de l'accès par le public à la zone proche de l'antenne peut se poser pour certaines configurations. Le périmètre devra alors être matérialisé.

	Macro-cellule en zone urbaine Antenne panneau sur terrasse fréquence 900 MHz	Macro-cellule en zone urbaine Antenne panneau sur terrasse fréquence 1800 MHz	Macro-cellule en zone urbaine Antenne panneau sur terrasse fréquence 2100 MHz
Face à l'antenne	3 m	1,5 m	1,5 m
Sur les cotés	1 m	50 cm	50 cm
Derrière l'antenne	50 cm	30 cm	30 cm
Au-dessous	50 cm	30 cm	30 cm
Au-dessus	50 cm	30 cm	30 cm

Table 2.3 : périmètres de sécurité pour une antenne mono-bande de macro-cellule sur terrasse

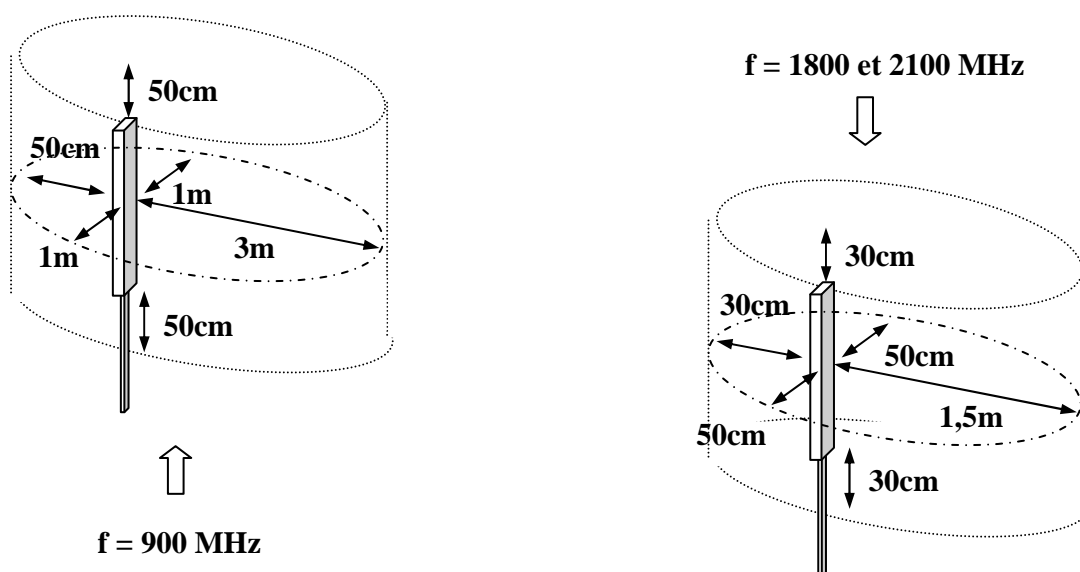


Figure 2.3 : antenne panneau de macro-cellule sur terrasse

	Macro-cellule en zone urbaine Antenne bi-bandes panneau sur terrasse (900-1800, 900-2100 ou 1800-2100 MHz)	Macro-cellule en zone urbaine Antenne tri-bandes panneau sur terrasse (900-1800-2100 MHz)
Face à l'antenne	4,50 m	5 m
Sur les côtés	1,5 m	2 m
Derrière l'antenne	0,5 m	0,5 m
Au-dessous de l'antenne	0,5 m	0,5 m
Au-dessus de l'antenne	0,5 m	0,5 m

Table 2.4 : périmètres de sécurité pour des antennes bi-bandes ou tri-bandes de macro-cellule sur terrasse

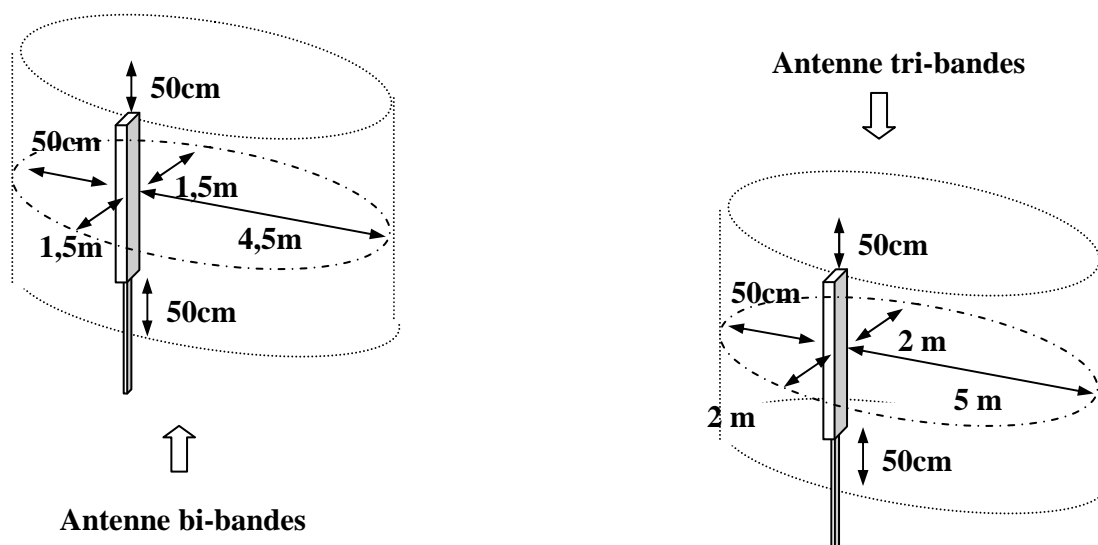


Figure 2.4 : antenne panneau de macro-cellule sur terrasse – cas des antennes bi-bandes ou tri-bandes

2.4 Macro-cellule en zone urbaine : antenne panneau en façade

2.4.1 Distances de sécurité pour les antennes panneau en façade pour les macro-cellules :

La station de base de macro cellule peut être installée en façade d'immeuble.

	Macro-cellule en zone urbaine	Macro-cellule en zone urbaine
	Antenne panneau en façade fréquence 900 MHz	Antenne panneau en façade fréquence 1800 et 2100 MHz
Face à l'antenne	3 m	1,5 m
Sur les cotés	1 m	0,5 m
Derrière l'antenne	0,5 m	0,3 m
Au-dessous	0,5 m	0,3 m
Au-dessus	0,5 m	0,3 m

Table 2.5 : périmètres de sécurité pour une antenne mono-bande de macro cellule en façade

	Macro-cellule en zone urbaine Antenne bi-bandes panneau en façade (900- 1800, 900-2100 ou 1800- 2100 MHz)	Macro-cellule en zone urbaine Antenne tri-bandes panneau en façade (900- 1800-2100 MHz)
Face à l'antenne	4,50 m	5 m
Sur les cotés	1,5 m	2 m
Derrière l'antenne	0,5 m	0,5 m
Au-dessous de l'antenne	0,5 m	0,5 m
Au-dessus de l'antenne	0,5 m	0,5 m

Table 2.6 : périmètres de sécurité pour des antennes bi-bandes ou tri-bandes de macro-cellule en façade

Etant donnée l'atténuation due à une paroi courante d'immeuble, la distance derrière l'antenne pourra être réduite et l'antenne accolée à la façade. Cela permettra également, dans un souci d'intégration, de minimiser l'impact visuel.

Dans tous les cas, il convient d'éloigner l'antenne des fenêtres ou balcons de la façade suivant les règles définies ci-dessous.

2.4.2 Règles particulières d'installation des antennes en façade et application pour les antennes panneau en macro-cellule.

L'installation d'antennes en façade à proximité d'ouverture (balcons et fenêtres) nécessite la définition de règles particulières afin de veiller au respect des limites d'exposition.

Ces règles s'appliquent à toutes les antennes en tenant compte de leurs spécificités de rayonnement omni (fouet) ou directionnelle (panneau), macro- ou micro-cellulaire, et de leurs fréquences de fonctionnement (GSM 900, 1800, UMTS).

En tous les cas, les antennes seront installées de façon à ne jamais être directement accessibles.

Les règles d'installation sont résumées dans les tables 2.7 et 2.8 ci-dessous, les distances sont précisées sur les Figures 2.5 et 2.6.

Dans les cas où l'antenne et l'ouverture ne se trouvent pas dans le même plan (i.e. antenne en retrait ou en avant par rapport à l'ouverture) ces distances doivent également être respectées.

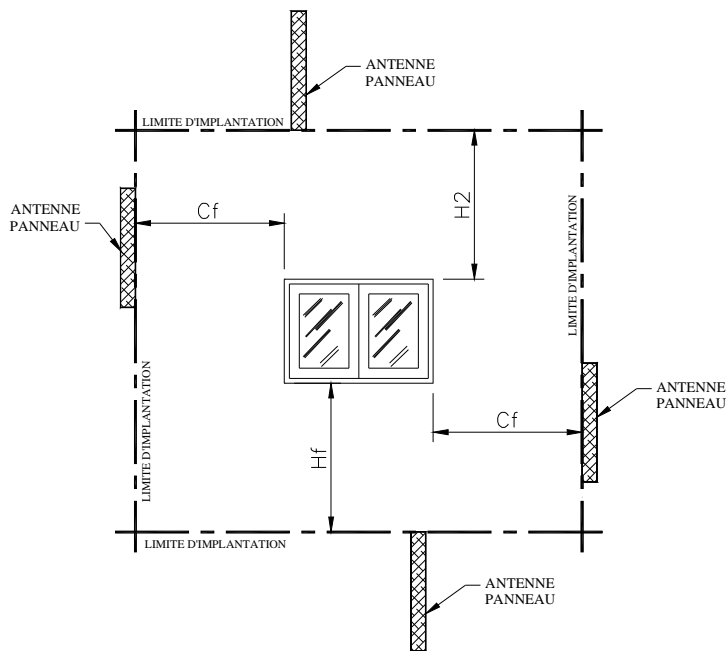


Figure 2.5 : Règles d'installation à proximité d'une fenêtre

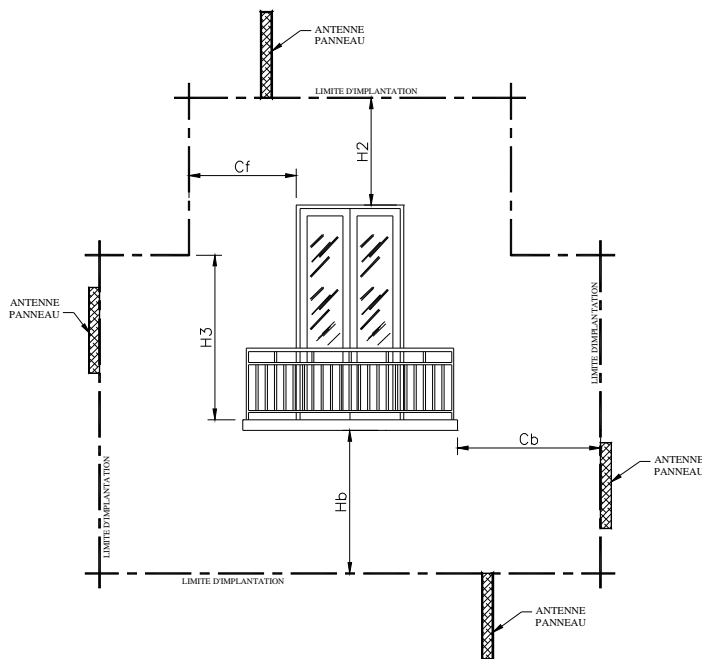


Figure 2.6 : Règles d'installation à proximité d'un balcon

Distances de sécurité	
Cf	Latérale par rapport à la fenêtre
Cb	Latérale par rapport au balcon
H b	Entre le haut de l'antenne et le bas du balcon (sous le balcon)
H f	Entre le haut de l'antenne et le bas de la fenêtre (sous la fenêtre)
H 2	Entre le bas de l'antenne et le haut de la fenêtre (au-dessus de la fenêtre)
H 3	Hauteur à respecter depuis le revêtement du balcon

Les antennes sont plus facilement accessibles à partir d'un balcon que d'une fenêtre, aussi les périmètres de sécurité à proximité d'un balcon seront plus importants. Dans les deux cas, une personne peut tendre le bras et se trouver de ce fait dans le périmètre de sécurité des antennes. Il est donc nécessaire de prendre en considération la distance minimale de sécurité de 0,50 m, environ la longueur du bras, augmentée du périmètre de sécurité de l'antenne du cas considéré. De plus sur un balcon, la personne peut se pencher, le périmètre de sécurité tiendra également compte de la longueur du tronc.

Compte tenu des valeurs données en 2.4.1, les valeurs suivantes sont proposées :

Cas fenêtre :

	Antenne panneau mono-bande en macro-cellule (900, 1800 et 2100 MHz)	Antenne panneau bi-bandes en macro-cellule (900, 1800 et 2100 MHz)	Antenne panneau tri-bandes en macro-cellule (900, 1800 et 2100 MHz)
Hf	1 m	1 m	1 m
H2	0,5 m	0,5 m	0,5 m
Cf	1 m	1,5 m	2 m

Table 2.7 : Règles d'installation pour des antennes de macro cellule en façade sur fenêtre

- **Cas balcon :**

	Antenne panneau mono-bande en macro-cellule (900, 1800 et 2100 MHz)	Antenne panneau bi-bandes en macro-cellule (900, 1800 et 2100 MHz)	Antenne panneau tri-bandes en macro-cellule (900, 1800 et 2100 MHz)
Hb	0,5 m	0,5 m	0,5 m
H2	0,5 m	0,5 m	0,5 m
H3	2,3 m	2,3 m	2,3 m
Cf	1 m	1,5 m	2 m
Cb	1,5 m	2 m	2,5 m

Table 2.8 : Règles d'installation pour des antennes de macro cellule en façade sur balcon

2.5 Micro-cellule : antenne fouet ou panneau en façade

2.5.1 Distances de sécurité pour les antennes fouet ou panneau en façade pour les micro-cellules.

Dans le cas des micro-cellules, les antennes de stations de base sont généralement installées en façades d'immeubles. Elles sont placées sur la façade entre deux fenêtres ou sous la toiture en haut de la façade. Cela peut être soit des antennes fouets (omnidirectionnelles) soit des antennes panneau (directionnelles).

En micro-cellule, les antennes bi et tri-bandes sont uniquement des antennes panneau.

	Microcellule / Antenne fouet ou mini-panneau* mono-bande en façade fréquence 900 MHz, 1800 et 2100 MHz	Microcellule / Antennes mono-, bi- et tri-bande panneau en façade (900, 1800 et 2100 MHz)
Face à l'antenne	0,5 m	1,2 m
Derrière l'antenne	0,5 m	0,1 m
Sur les cotés	0,5 m	0,2 m
Au-dessous	0,5 m	0,1 m
Au-dessus	0,5 m	0,1 m

* Une antenne mini-panneau est une antenne panneau avec un gain d'antenne ≤ 8 dBi.

Table 2.9 : périmètres de sécurité pour des antennes de micro cellule en façade

Etant donnée l'atténuation due à une paroi courante d'immeuble, la distance derrière l'antenne pourra être réduite à 20 cm (distance minimum pour une antenne fouet omnidirectionnelle) ou accolée à la façade pour une antenne panneau directionnelle.

2.5.2 Règles particulières d'installation des antennes en façade et application pour les antennes en micro-cellule.

Les règles d'installation présentées en 2.4.2 pour les antennes en façade s'appliquent également au cas des antennes pour les micro-cellules.

Compte tenu des valeurs données en 2.5.1, les valeurs suivantes sont proposées :

- Cas fenêtre :

	Antenne mono-bande fouet en micro-cellule (900, 1800 ou 2100 MHz)	Antenne panneau mono, bi- ou tri bande en micro-cellule (900, 1800 et 2100 MHz)
Hf (Hauteur sous fenêtre)	1 m	1 m
H2 (Hauteur au-dessus ouverture)	0,5 m	0,5 m
Cf (Distance sur le côté)	1 m	0,7 m

Table 2.10 : Règles d'installation pour des antennes de micro cellule en façade sur fenêtre

- Cas balcon :

	Antenne mono-bande fouet en micro-cellule (900, 1800 ou 2100 MHz)	Antenne panneau mono, bi-ou tri bande en micro-cellule (900, 1800 et 2100 MHz)
Hb (Hauteur sous balcon)	0,5 m	0,5 m
H2 (Hauteur au-dessus ouverture)	0,5 m	0,5 m
H3 (Hauteur depuis le revêtement)	2,3 m	2,3 m
Cf (Distance sur le côté)	1 m	0,7 m
Cb (Distance sur le côté)	1,5 m	1,2 m

Table 2.11 : Règles d'installation pour des antennes de micro cellule en façade sur balcon

2.6 Pico cellule – intérieur d'un bâtiment

A l'intérieur d'un bâtiment, l'antenne de station de base est généralement placée le plus haut possible dans le volume de façon à couvrir un maximum de surface.

Etant donnés les faibles niveaux de puissance émise, et donc la taille réduite du périmètre de sécurité, voire son absence totale, il n'est pas fait de distinction entre les réseaux 900 MHz, 1800 MHz et 2100 MHz.

Pour des stations de base en pico-cellule (puissance ≤ 1 W), et en raison de leur proximité potentielle avec l'utilisateur, la vérification directe de la conformité aux restrictions de base est plus pertinente et techniquement plus justifiée que la vérification de la conformité aux niveaux de référence, afin de ne pas induire des périmètres de sécurité inadaptés. Il est donc nécessaire d'évaluer le DAS. La mesure est effectuée conformément à la norme CENELEC EN 50383

Les restrictions de base, exprimées en watt/kg, se composent d'une limite d'exposition pour le corps entier (0,08W/kg) et d'une limite d'exposition locale (2 W/kg pour toute masse de tissus de 10g).

	Public
D.A.S corps entier	0,08 W/kg
D.A.S. local – tête et tronc Moyenne sur 10g	2 W/kg
D.A.S local – membres Moyenne sur 10g	4 W/kg

Table 2.12 : Limites d'exposition du public exprimées en D.A.S

D'après la norme européenne CENELEC EN 50383, les restrictions de base corps entier sont nécessairement vérifiées si la puissance totale émise est inférieure à 1 watt.

Concernant les restrictions de base locales, les mesures suivant cette même norme doivent être réalisées afin de vérifier si la conformité au contact est assurée ou si un périmètre de sécurité (en général de quelques centimètres) doit être pris en compte.

Pour des antennes dont l'extrémité inférieure est située à plus de 2,30 m du sol, la matérialisation de cet éventuel périmètre de sécurité par un balisage n'est plus nécessaire.

2.7 Installation de plusieurs antennes sur un même site (accessible au public)

Dans le cas d'installation d'une antenne sur un site déjà utilisé par un autre opérateur, il faut distinguer :

- Installation sur différents étages d'un pylône :

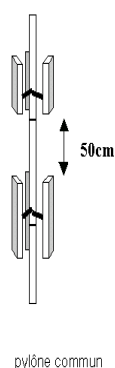


Figure 2.7 : Règles d'installation de plusieurs antennes sur un pylône

La distance minimale verticale entre les extrémités des deux jeux d'antennes est de 50 centimètres.

- Installation sur une terrasse :

Dans le cas d'antennes co-localisées, intra ou inter-opérateurs, chaque antenne influant sur celle située à proximité, le périmètre de sécurité dépend de la distance entre antennes, la distance minimale bord à bord étant de 1,30 m (découplage spécifié entre opérateurs).

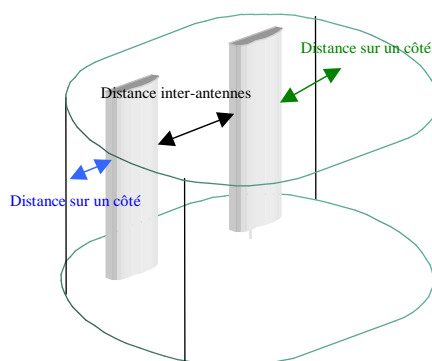


Figure 2.8 : Antennes co-localisées sur terrasse

Les configurations suivantes sont abordées : 2 antennes mono-bandes, 2 antennes bi-bandes, 2 antennes tri-bandes ou 2 antennes dissymétriques sur le même site.

Dans le cas de 2 antennes mono-bande, bi-bandes ou dissymétriques, lorsque l'antenne est installée à plus de 5 mètres d'une autre antenne, il convient, pour chaque antenne considérée de respecter le périmètre de sécurité comme établi précédemment. Dans le cas de 2 antennes tri-bandes, il convient de respecter le périmètre de sécurité comme établi précédemment pour une séparation entre antennes de plus de 6 mètres.

Lorsque la nouvelle antenne est installée à une distance inférieure à 5 mètres d'une antenne existante (ou moins de 6 m pour deux antennes tri-bandes) et que les deux antennes pointent dans la même direction, un périmètre de sécurité englobant les deux antennes est défini tel que présenté dans les tableaux suivants :

Antennes macro cellule mono-bande co-localisées fréquence 900 MHz, 1800 et 2100 MHz	
Face aux antennes	4,5 m
Derrière les antennes	0,50 m
Sur les cotés	1,5 m
Au-dessous	0,50 m
Au-dessus	0,50 m

Table 2.13 : périmètres de sécurité pour des antennes mono-bande de macro cellule en co-localisation

Distance d entre antennes (m)	Antennes macro cellule co-localisées, bi-bandes ou dissymétriques pour les fréquences 900 MHz, 1800 MHz et 2100 MHz	
	1,50 ≤ d ≤ 3	3 < d ≤ 5
Face aux antennes	8 m	6 m
Derrière les antennes	0,50 m	0,50 m
Sur les cotés	2 m	1,50 m
Au-dessous	0,50 m	0,50 m
Au-dessus	0,50 m	0,50 m

Table 2.14 : périmètres de sécurité pour des antennes bi-bandes ou dissymétriques de macro cellule en co-localisation

Distance d entre antennes (m)	Antennes macro cellule co-localisées, tri-bandes pour les fréquences 900 MHz, 1800 MHz et 2100 MHz	
	$1,50 \leq d \leq 4$	$4 < d \leq 6$
Face aux antennes	8 m	6 m
Derrière les antennes	0,50 m	0,50 m
Sur les cotés	2 m	1,50 m
Au-dessous	0,50 m	0,50 m
Au-dessus	0,50 m	0,50 m

Table 2.15 : périmètres de sécurité pour des antennes tri-bandes de macro cellule en co-localisation

Plusieurs antennes appartenant à des opérateurs différents et pointant dans la même direction sont normalement installées à plus de 1,5 mètres de distance horizontale l'une de l'autre. Si ce cas se présentait malgré tout, les dimensions des périmètres de sécurité devraient être calculées pour tenir compte du champ total émis par les deux antennes.

3 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les émetteurs FM et TV de radiodiffusion.

3.1 Généralités

Dans ce chapitre sont décrits les caractéristiques des principaux types d'émetteurs FM et TV de radiodiffusion actuellement implantés et les périmètres de sécurité à l'intérieur desquels les niveaux de référence sont dépassés ou susceptibles d'être dépassés.

Remarques :

- Dans la mesure où ces périmètres ont été établis pour les émetteurs FM et TV actuellement utilisés et pour les configurations les plus fréquemment rencontrées, ils devront être adaptés au cas par cas par les opérateurs, en fonction des possibles évolutions du matériel utilisé et de l'éventuelle complexité de la configuration de l'installation (cohabitation de plusieurs antennes notamment).
- Les configurations typiques présentées dans ce guide pour la radiodiffusion TV sont représentatives des émetteurs sur point haut pour la Télévision analogique et la Télévision Numérique Terrestre.
- Les configurations typiques des émetteurs utilisées pour la radiodiffusion TV conduisent à générer des valeurs de champs radioélectriques au sol très inférieures aux niveaux de référence.
- Pour les applications de radiodiffusion non couvertes dans ce guide, des évaluations seront réalisées au cas par cas.

3.2 Modélisation des niveaux de champs et des périmètres de sécurité pour les émetteurs de radiodiffusion FM

A partir des configurations typiquement rencontrées, trois classes représentatives ont été identifiées pour les émetteurs de radiodiffusion FM :

- Emetteurs FM forte puissance à 10 kW,
- Emetteurs FM forte puissance à 2 kW,
- Emetteurs FM sur terrasse

a. Exemple d'émission FM à 10 kW sur une seule face

La hauteur d'antenne correspond à l'élément situé le plus bas.

Hauteur antenne		10 m	20 m	40 m	80 m	160 m
Nbre d'étages	Champ	Distance de protection à 1,5 m du sol				
1	28 V/m	40 m	NA	NA	NA	NA
2	28 V/m	Note 1	NA	NA	NA	NA
4	28 V/m	Note 1		NA	NA	NA

Table 3.1 : Niveaux de champ pour des antennes FM à 10 kW.

Note 1 : Compte tenu des dimensions des structures correspondantes, de telles antennes ne sont pas utilisées à ces hauteurs.

NA Limite de champ non atteinte

b. Exemple d'émission FM à 2 kW sur une seule face

La hauteur d'antenne correspond à l'élément situé le plus bas.

Hauteur antenne		10 m	20 m	40 m	80 m	160 m
Nbre d'étages	Champ	Distance de protection à 1,5 m du sol				
1	28 V/m	15 m	NA	NA	NA	NA
2	28 V/m	Note 1	NA	NA	NA	NA
4	28 V/m	Note 1		NA	NA	NA

Table 3.2 : Niveaux de champ pour des antennes FM à 2 kW.

Note 1 : Compte tenu des dimensions des structures correspondantes, de telles antennes ne sont pas utilisées à ces hauteurs.

NA Limite de champ non atteinte

c. Résultats pour émetteur FM plus faible puissance sur terrasse

En complément des émetteurs FM de puissance élevée traités ci-dessus, on peut trouver des émetteurs de plus faible puissance installés sur terrasse.

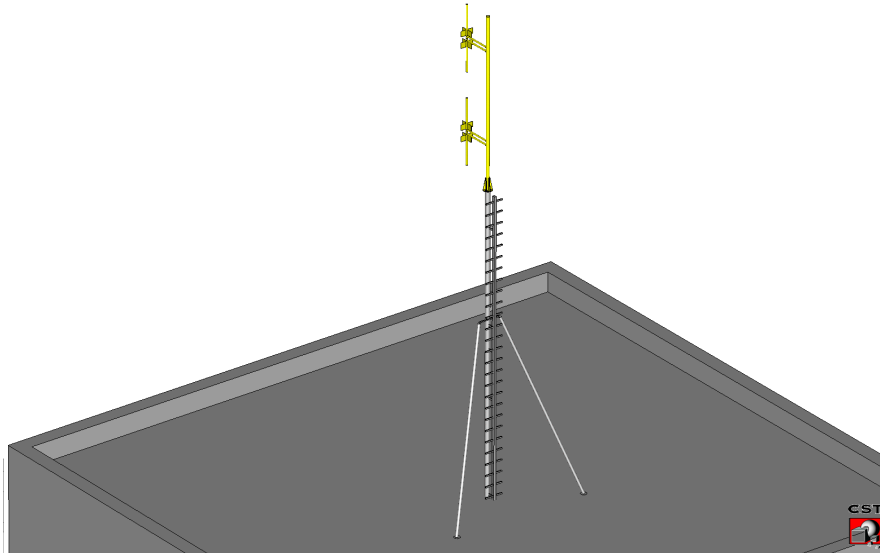


Figure 3.1 : antenne de radiodiffusion FM sur terrasse

Configuration pour les émetteurs FM de plus faible puissance sur terrasse :

Deux configurations typiques ont été identifiées :

- La hauteur moyenne se trouve à **3m** du sol (terrasse) et l'émetteur fournit une puissance de **10 W** à travers un câble dont la perte est estimée à 1 dB.
- La hauteur moyenne se trouve à **5m** du sol (terrasse) et l'émetteur fournit une puissance de **250 W** à travers un câble dont la perte est estimée à 1 dB. Dans ce cas, deux antennes sont considérées : un dipôle et une antenne elliptique.

Pour les deux configurations identifiées, les résultats sont les suivants :

- **Emetteur 10W situé à 3 m du sol (terrasse) :** champ simulé à 1,5 m au-dessus du sol < 10V/m quelle que soit la distance dans l'axe principal.
- **Emetteur 250 W situé à 5 m du sol (terrasse) :**
 - Cas dipôle FM : champ simulé à 1,5 m au-dessus du sol dans l'axe principal < 20 V/m quelle que soit la distance, < 10 V/m pour distance supérieure à 15 m
 - Cas antenne elliptique : champ simulé à 1,5 m au-dessus du sol dans l'axe principal < 28 V/m (valeur limite) pour une distance supérieure à 2m, < 10 V/m pour distance supérieure à 7 m.

d. Périmètres de sécurité pour les émetteurs FM

A partir des configurations les plus fréquemment rencontrées en radiodiffusion FM, on peut toutefois établir des périmètres de sécurité en fonction de la puissance injectée.

Pour chacune des classes de puissance, les règles sont exprimées sous la forme de hauteur minimale d'antenne et, le cas échéant, de distance de sécurité au sol par rapport au pied du pylône. Les hauteurs proposées sont déterminées à partir du bas de l'antenne.

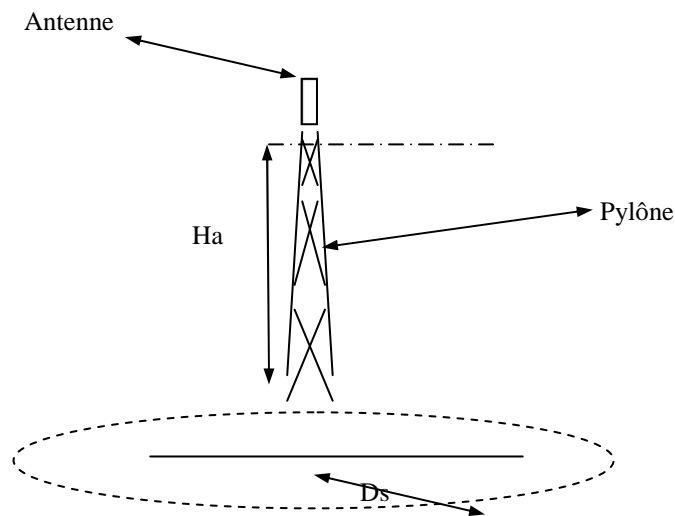


Figure 3.2 : antenne de radiodiffusion FM sur pylône

Puissance injectée sur l'antenne	Hauteur H_a de l'antenne dans le pylône	Distance D_s au sol minimale
$P \leq 10 \text{ W}$	$H_a \geq 2\text{m}$	Pas de contraintes
$10 \text{ W} < P \leq 250 \text{ W}$	$H_a \geq 3\text{m}$ et	$D_s = 2\text{m}$
$250 \text{ W} < P \leq 2000 \text{ W}$	$H_a \geq 20\text{m}$ ou $10 \leq H_a < 20\text{m}$ et	Pas de contraintes $D_s = 15\text{m}$
$2000 \text{ W} < P \leq 10000 \text{ W}$	$H_a \geq 20\text{m}$ ou $10 \leq H_a < 20\text{m}$ et	Pas de contraintes $D_s = 40\text{m}$

Table 3.3 : Périmètres de sécurité pour les émetteurs de radiodiffusion FM

3.3 Modélisation des niveaux de champs et des périmètres de sécurité pour les émetteurs de radiodiffusion TV

Dans cette section, on s'attache à analyser les niveaux de champs au sol pour une émission TV en bande IV à 500 MHz. Le niveau de référence grand public à 500 MHz est **31V/m**.

L'antenne panneau est du type 4 dipôles à polarisation horizontale.

Le tableau ci-dessous présente les niveaux de champs calculés pour 4 classes de puissance d'émetteurs et pour des groupements et des hauteurs antennes représentatifs du réseau de télévision en UHF.

Distance au sol (Ds)			0 à 100m	100à 200m	200m à 1000m
Puissance Emetteur	Nbre étages de panneaux	Hauteur moyenne antenne (Ha)	Valeur de Champ estimée au sol		
25 kw	8 étages	170m	< 2V/m	< 4V/m	<2V/m
2 kw	4 étages	90m	3 V/m	<2V/m	<2V/m
1 kw	2 étages	60m	< 3 V/m	< 2V/m	< 2V/m
25 W	1 étage	30m	1 V/m	< 1V/m	< 1V/m

Table 3.4 : Niveaux de champ pour des antennes représentatives du réseau de télévision UHF

En UHF, dans tous ces cas, la limite de champ (31V /m) est loin d'être atteinte au sol.

Par conséquent, les règles d'installation s'expriment simplement en établissant une hauteur minimale pour la hauteur moyenne de l'antenne Ha.

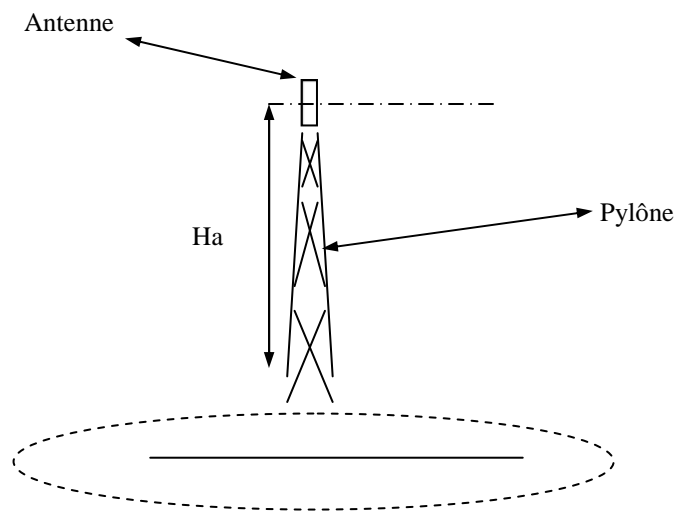


Figure 3.3 : antenne de radiodiffusion TV sur pylône

Puissance injectée sur l'antenne	Hauteur moyenne H_a de l'antenne dans le pylône
$P \leq 25 \text{ W}$	$H_a \geq 30\text{m}$
$25 \text{ W} < P \leq 1000 \text{ W}$	$H_a \geq 60\text{m}$
$1000 \text{ W} < P \leq 2000 \text{ W}$	$H_a \geq 90\text{m}$
$2000 \text{ W} < P \leq 25000 \text{ W}$	$H_a \geq 170\text{m}$

Table 3.5 : Règles d'installation pour les émetteurs de radiodiffusion TV

4 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les systèmes de Boucle Locale Radio à large bande à 3,5GHz tels que WiMax.

4.1 Généralités

Dans ce chapitre sont décrits les caractéristiques des principaux types d'émetteurs utilisés par les systèmes de boucle locale radio à large bande tels que WiMax actuellement implantés en France dans les bandes de fréquence comprises entre 3400 et 3600 MHz et les périmètres de sécurité à l'intérieur desquels les niveaux de référence sont dépassés ou susceptibles d'être dépassés.

Remarques :

Dans la mesure où ces périmètres ont été établis pour les émetteurs de systèmes de boucle locale radio tels que WiMax actuellement utilisés et pour les configurations les plus fréquemment rencontrées, ils devront être adaptés au cas par cas par les opérateurs, en fonction des possibles évolutions du matériel utilisé et de l'éventuelle spécificité de la configuration de l'installation.

La puissance des stations n'excède pas quelques watts. Deux types d'émetteurs sont à considérer :

- Les stations centrales qui sont en général installées sur des points hauts. On trouve alors deux catégories d'antenne : les antennes panneau, directionnelles et les antennes fouet, omnidirectionnelles.
- Les stations terminales de l'abonné. Parmi ces terminaux, on peut distinguer deux types : les stations fixes à antenne déportée fonctionnant principalement en extérieur, et les terminaux portatifs ou mobiles. Ce guide aborde uniquement les stations terminales fixes.

4.2 Antennes de stations centrales

4.2.1 Antennes fouet :

Il s'agit ici d'antennes omnidirectionnelles pour des petites zones de couvertures, avec une p.i.r.e. de 46dBm (10,5 dBi pour le gain d'antenne et 35,5 dBm pour la puissance d'entrée).

Le périmètre de sécurité est alors défini par les distances données ci-après :

Autour de l'antenne, dans le plan horizontal	0,5 m
Au-dessous de l'antenne	0,5 m
Au-dessus de l'antenne	0,5 m

Table 4.1 : Périmètres de sécurité autour d'une antenne fouet type WiMax

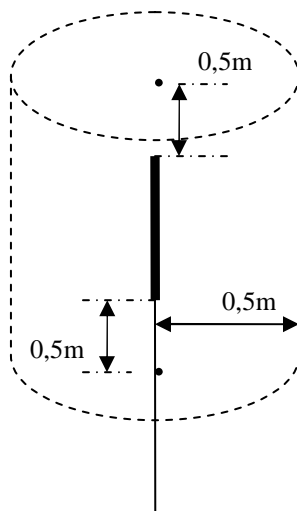


Figure 4.1 : Antenne fouet type WiMax

4.2.2 Antennes panneaux :

Il s'agit dans cette partie d'antennes sectorielles fortement utilisées dans les systèmes Point à Multipoint. Dans une configuration typique, la p.i.r.e. est de 58dBm, soit un gain d'antenne de 17dBi, et une puissance de 41dBm.

Le périmètre de sécurité est alors donné par les distances mentionnées ci-dessous :

Face à l'antenne	3,6 m
Sur le côté de l'antenne	1,5 m
Au-dessous de l'antenne	0,1 m
Au-dessus de l'antenne	0,1 m
Derrière l'antenne	0 m

Table 4.2 : Périmètres de sécurité autour d'une antenne panneau type WiMax

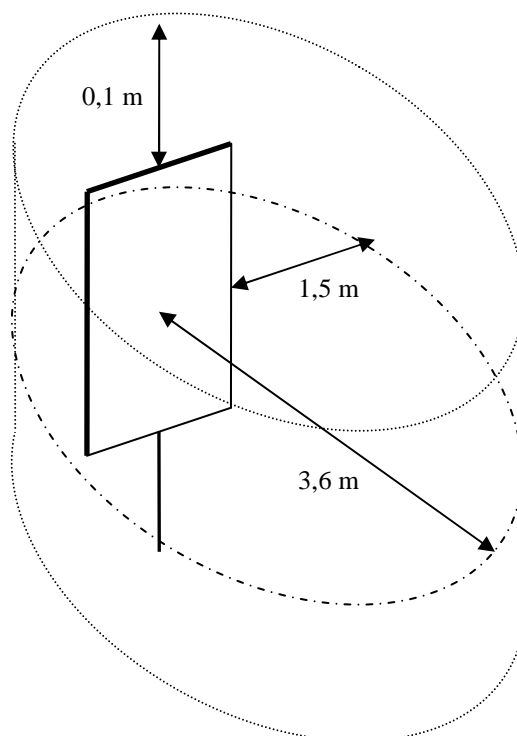


Figure 4.2 : Antenne Panneau type WiMax

4.3 Antennes pour terminaux abonnés de type fixe

Etant donnés les faibles niveaux de puissance émise et en raison de la proximité potentielle avec l'utilisateur, la vérification directe de la conformité aux restrictions de base est plus pertinente et techniquement plus justifiée que la vérification de la conformité aux niveaux de référence, afin de ne pas induire des périmètres de sécurité inadaptés. Il est donc nécessaire d'évaluer le DAS. La mesure est effectuée conformément à la norme CENELEC EN 50383

D'après la norme européenne CENELEC EN 50383, les restrictions de base corps entier sont nécessairement vérifiées si la puissance totale émise est inférieure à 1 watt.

Concernant les restrictions de base locales, les mesures suivant cette même norme doivent être réalisées afin de vérifier si la conformité au contact est assuré ou si un périmètre de sécurité (en général de quelques centimètres) doit être pris en compte.

5 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les systèmes de radiocommunications professionnelles PMR à 400 MHz.

5.1 Généralités

Ce chapitre décrit les caractéristiques des principaux types d'émetteurs PMR (*Professional Mobile Radio*) actuellement implantés en France dans les bandes de fréquence comprises entre 380 et 470 MHz et les périmètres de sécurité à l'intérieur desquels les niveaux de référence sont dépassés ou susceptibles d'être dépassés.

Remarques :

- Dans la mesure où ces périmètres ont été établis pour les émetteurs de PMR actuellement utilisés et pour les configurations les plus fréquemment rencontrées, ils devront être adaptés au cas par cas par les opérateurs, en fonction des possibles évolutions du matériel utilisé et de l'éventuelle complexité de la configuration de l'installation (cohabitation de plusieurs antennes notamment).
- Les stations PMR présentent une large variété tant en terme de caractéristiques (fréquence, puissance, technologie) qu'en terme de déploiement et d'applications. Cette annexe s'applique principalement pour les stations PMR à modulation numérique fonctionnant dans les bandes prévues à cet effet entre 380 et 470 MHz.
- Pour les configurations de PMR qui ne sont pas abordées dans cette annexe (en particulier utilisant une technologie analogique ou opérant à des fréquences différentes), la détermination des périmètres de sécurité devra être faite au cas par cas, de même que pour les réseaux atypiques (Sites d'antennes co-localisées, sites à 17 Voies et plus, choix des aériens et de l'ingénierie du site)

A partir des configurations les plus fréquemment rencontrées à ce jour, quelques cas typiques ont été définis pour lesquels des périmètres de sécurité ont été établis :

- Cas 1 : « Réseaux privés » (réseaux d'entreprises, communautés urbaines...),
- Cas 2 : « Réseaux étendus » à puissance limitée,
- Cas 3 : « Réseaux étendus » de capacité modulable (type réseaux de sécurité),

Pour tous les autres cas, une détermination des périmètres de sécurité (par calcul ou par mesure sur site) devra être faite en prenant en compte les spécificités du site.

5.2 Réseaux privés (réseaux d'entreprises, communautés urbaines...).

Ce cas correspond aux systèmes dont la puissance en entrée d'antenne est limitée de façon à respecter le critère $PIRE \leq 10 \text{ W}$ quelque soit le type d'antenne. Ces réseaux sont des réseaux à couverture limitée, la puissance limitée permet la ré-affectation des fréquences sur des zones localisées. Pour ce type de réseaux, on trouve généralement des antennes de type omnidirectionnelles.

L'application de la formule de champ lointain suivante donne un périmètre de sécurité de 60 cm autour de l'antenne.

$$d = \frac{1}{E_{\text{eff}}} \sqrt{30 * P_e * G_e} = \frac{1}{E_{\text{eff}}} \sqrt{30 * P_e * 10^{\frac{G_{\text{dB}}}{10}}}$$

Où P_e est la puissance en entrée d'antenne en W

G_e est le gain d'antenne en dBi

E_{eff} est la valeur limite de champ en V/m (28V/m à 400 MHz)

La PIRE est alors définie par le produit $P_e \times G_e$ en numérique.

On note que l'utilisation de cette formule majore la taille du périmètre requis.

Ci-dessous des simulations donnant la cartographie du champ rayonné par une antenne omnidirectionnelle, de gain 7,6 dBi, située à 1,5 m au dessus du toit d'un immeuble et de 1 m en retrait par rapport au bord. Le tilt appliqué est de 2° et l'antenne est alimentée par une puissance correspondante à une PIRE de 10 W.

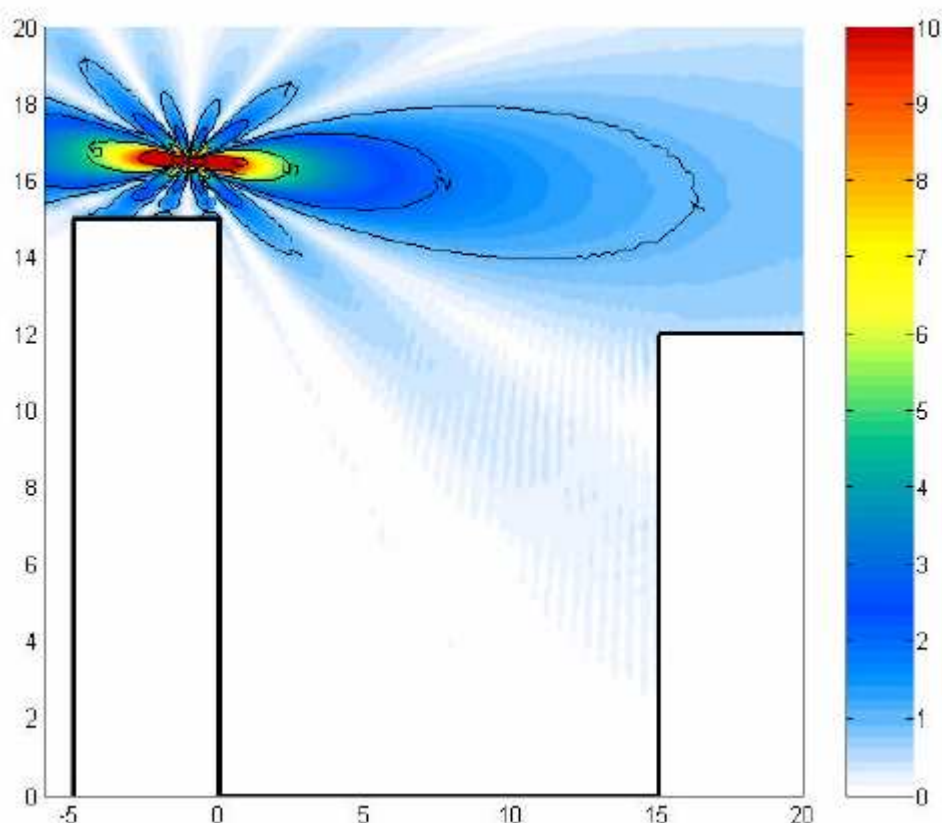


Figure 5.1 : Cartographie du champ électrique efficace (V/m), PIRE 10 W, tilt 2°

Les simulations illustrées dans la figure 5.1 confirment que les niveaux de champs sont nettement inférieurs à la limite d'exposition (28V/m) pour le périmètre proposé de 60 cm.

Emetteur PMR de réseaux dits « privés » (PIRE ≤ 10 W) à 400 MHz.	
Face à l'antenne	0,6 m
Sur les cotés	0,6 m
Derrière l'antenne	0,6 m

Table 5.1 : Périmètre de sécurité autour d'un émetteur PMR de réseaux dits privés

L'antenne étant ici omnidirectionnelle, la distance définie face à l'antenne est valable sur toute la périphérie de l'antenne.

5.3 Réseaux étendus à puissance limitée

Ce cas correspond à des sites 8 voies pour lesquels la puissance injectée sur l'antenne est limitée à 32W (4W par voie). Considérant que les antennes peuvent être installées à proximité des stations de base émettrices, les pertes dans les câbles sont négligées. Le tableau ci-dessous donne le périmètre de sécurité correspondant au cas d'une antenne sectorielle de gain 14 dBi alimentée par une puissance de 32W.

Emetteur PMR de réseaux dits « étendus » à puissance limitée (Puissance de 32W en entrée antenne) à 400 MHz.	
Face à l'antenne	5,5 m
Sur les cotés	2,5 m
Derrière l'antenne	0,7 m
Au-dessous	1,5 m
Au-dessus	1,5 m

Table 5.2 : Périmètre de sécurité autour d'un émetteur PMR de réseaux dits étendus à puissance limitée

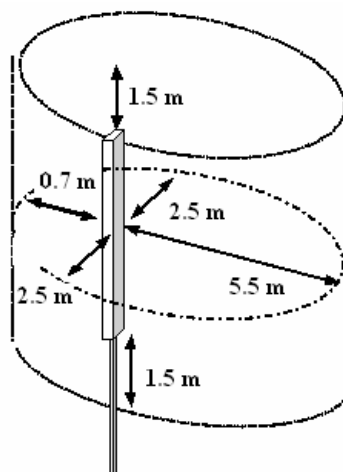


Figure 5.2 : Emetteur PMR de réseaux dits étendus à puissance limitée

5.4 Réseaux étendus de capacité modulable (type réseaux de sécurité)

Ce cas correspond à des sites dont la capacité varie de 2 à 16 voies pour lesquels les niveaux de puissance pour chaque voie en sortie de station de base peuvent être paramétrés selon 3 niveaux : Niveaux 1 à 3 délivrant respectivement des puissances de 2,5 W (34 dBm), 6,3 W (38 dBm) et 15,8 W (42 dBm) par voie.

Sur ce genre de sites, les antennes sont généralement placées sur un emplacement isolé et sur un point haut. Les antennes étant éloignées des stations de bases, il est considéré des pertes dans les câbles de 2 dB entre la sortie de la station de base et les connecteurs d'entrée des antennes. Les périmètres définis ci-dessous ont été déduits de mesures effectuées en chambre anéchoïde sur deux types d'antenne : une antenne omnidirectionnelle de gain 7,5 dBi, une antenne type sectorielle (antenne panneau) à polarisations croisées (2 ports) de gain 15 dBi.

Les périmètres ont été calculés en faisant varier le nombre de voies et la puissance sur chaque voie (puissance en sortie de baie). Les distances en dessous, au dessus et derrière l'antenne ont été majorées dans certains cas de façon à ne jamais être inférieures à 1 m.

5.4.1 Sites de 2 à 16 porteuses sur une antenne type omnidirectionnelle

Ce cas prend en compte une antenne avec 2 à 16 porteuses à puissance maximale (15,8 W par porteuse) sur une même antenne type omnidirectionnelle de gain max 7,5 dBi.

Le périmètre de sécurité maximum est délimité par les distances données dans le tableau ci-dessous. A noter que pour les sites 16 Voies, un diviseur de puissance (pertes de 3 dB) est inséré entre la station de base et l'antenne.

Emetteur PMR de réseaux dits « étendus » 2 à 16 Voies à puissance maximale avec antenne type omnidirectionnelle à 400 MHz.				
Nbre de Voies	2 Voies	4 Voies	8 Voies	16 Voies
Face à l'antenne	2 m	3 m	5,5 m	5,5 m
Au-dessous	1 m	1 m	1 m	1 m
Au-dessus	1 m	1 m	1 m	1 m

Table 5.3 : Périmètre de sécurité autour d'un émetteur PMR de réseaux dits étendus avec une antenne type omnidirectionnelle

L'antenne étant ici omnidirectionnelle, la distance définie face à l'antenne est valable sur toute la périphérie de l'antenne.

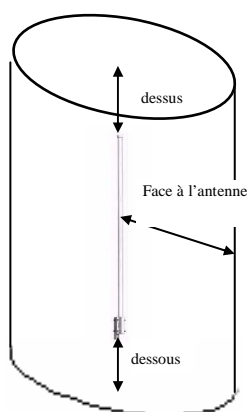


Figure 5.3 : Antenne omnidirectionnelle d'un émetteur PMR de réseaux dits « étendus »

5.4.2 Sites de 2 porteuses sur une antenne type sectorielle de gain max 15 dBi.

Le périmètre de sécurité en fonction des niveaux de puissance par voie est délimité par les distances données dans le tableau ci-dessous.

Emetteur PMR de réseaux dits « étendus » 2 Voies sur antenne type sectorielle (15 dBi) à 400 MHz					
Niveau de puissance par voie	Face à l'antenne	Sur les cotés	Dessous	Dessus	Derrière l'antenne
Niveau 1 = 2,5 W / voie (34 dBm/voie)	1 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 2 = 6,3 W / voie (38 dBm/voie)	2 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 3 = 15,8 W / voie (42 dBm/voie)	5 m	1 m	1 m	1 m	1 m

Table 5.4 : Périmètre de sécurité autour d'un émetteur PMR de réseaux dits étendus
2 voies sur antenne sectorielle

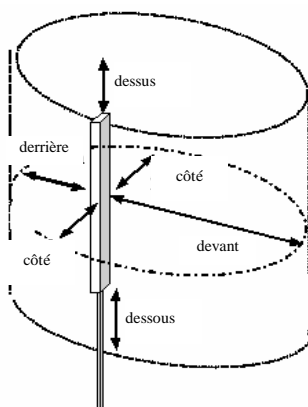


Figure 5.4 : Antenne sectorielle d'un émetteur PMR de réseaux dits « étendus »

5.4.3 Sites de 4 porteuses sur une antenne type sectorielle de gain max 15 dBi.

Le périmètre de sécurité en fonction des niveaux de puissance par voie est délimité par les distances données dans le tableau ci-dessous. A noter que ces distances sont valables quelle que soit la répartition des voies sur les ports d'antenne (4 Voies sur 1 port ou 2 voies sur chaque port), l'antenne étant munie de deux ports d'antenne en polarisations croisées.

Emetteur PMR de réseaux dits « étendus » 4 Voies sur antenne type sectorielle (15 dBi) à 400 MHz					
Niveau de puissance par voie	Face à l'antenne	Sur les cotés	Dessous	Dessus	Derrière l'antenne
Niveau 1 = 2,5 W / voie (34 dBm/voie)	1,8 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 2 = 6,3 W / voie (38 dBm/voie)	4,5 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 3 = 15,8 W / voie (42 dBm/voie)	6,5 m	1 m	1 m	1 m	1 m

Table 5.5 : Périmètre de sécurité autour d'un émetteur PMR de réseaux dits étendus
4 voies sur antenne sectorielle

5.4.4 Sites de 8 porteuses sur une antenne type sectorielle de gain max 15 dBi.

Le périmètre de sécurité en fonction des niveaux de puissance par voie est délimité par les distances données dans le tableau ci-dessous. A noter que ces distances sont valables quelle que soit la répartition des voies sur les ports d'antenne (8 Voies sur 1 port ou 4 voies sur chaque port), l'antenne étant munie de deux ports d'antenne en polarisations croisées.

Emetteur PMR de réseaux dits « étendus » 8 Voies sur antenne type sectorielle (15 dBi) à 400 MHz					
Niveau de puissance par voie	Face à l'antenne	Sur les cotés	Dessous	Dessus	Derrière l'antenne
Niveau 1 = 2,5 W / voie (34 dBm/voie)	3,8 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 2 = 6,3 W / voie (38 dBm/voie)	6 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 3 = 15,8 W / voie (42 dBm/voie)	9,5 m	2 m	2 m	2 m	1 m

Table 5.6 : Périmètre de sécurité autour d'un émetteur PMR de réseaux dits étendus 8 voies sur antenne sectorielle

5.4.5 Sites de 16 porteuses sur une antenne type sectorielle de gain max 15 dBi.

Pour ces sites, deux possibilités s'offrent au niveau installation :

- 16 voies sur 1 port d'antenne en insérant un diviseur de puissance (pertes de 3 dB) entre la station de base et l'antenne.
- 16 Voies réparties en 2 x 8 Voies par port d'antenne, l'antenne étant munie de deux ports d'antenne en polarisations croisées.

Les périmètres de sécurité pour chacune des deux possibilités d'installation sont donnés dans les tableaux ci-dessous.

Emetteur PMR de réseaux dits « étendus » 16 Voies sur 1 port d'antenne (avec diviseur de puissance à pertes 3 dB) Antenne type sectorielle (15 dBi) à 400 MHz.					
Niveau de puissance par voie	Face à l'antenne	Sur les cotés	Dessous	Dessus	Derrière l'antenne
Niveau 1 = 2,5 W / voie (34 dBm/voie)	3,8 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 2 = 6,3 W / voie (38 dBm/voie)	6 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 3 = 15,8 W / voie (42 dBm/voie)	9,5 m	2 m	2 m	2 m	1 m

Table 5.7 : Périmètre de sécurité autour d'un émetteur PMR de réseaux dits étendus
16 voies sur 1 port d'une antenne sectorielle

Emetteur PMR de réseaux dits « étendus » 16 Voies réparties sur 2 ports d'antenne Antenne type sectorielle (15 dBi) à 400 MHz.					
Niveau de puissance par voie	Face à l'antenne	Sur les cotés	Dessous	Dessus	Derrière l'antenne
Niveau 1 = 2,5 W / voie (34 dBm/voie)	5,5 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 2 = 6,3 W / voie (38 dBm/voie)	8 m	1 m	1 m	1 m	1 m
Niveau 3 = 15,8 W / voie (42 dBm/voie)	13 m	2,5 m	2,5 m	2,5 m	1 m

Table 5.8 : Périmètre de sécurité autour d'un émetteur PMR de réseaux dits étendus
16 voies sur 2 ports d'une antenne sectorielle

6 Périmètres de sécurité et règles radioélectriques d'installation pour les systèmes utilisés dans les réseaux locaux RLAN à 2,45 GHz tels que le WiFi.

6.1 Généralités

Ce chapitre décrit les caractéristiques des principaux types d'émetteurs utilisés dans les réseaux locaux RLAN à 2,45 GHz actuellement implantés en France tels que WiFi. Il y est démontré que les niveaux de référence ne sont pas susceptibles d'être dépassés et que, par conséquent, aucun périmètre de sécurité n'est nécessaire pour ces réseaux.

Remarques :

- Dans la mesure où les résultats de ce chapitre ont été établis pour les émetteurs des réseaux locaux RLAN actuellement utilisés et pour les configurations les plus fréquemment rencontrées, ils devront être adaptés au cas par cas par les opérateurs, en fonction des possibles évolutions du matériel utilisé et de l'éventuelle complexité de la configuration de l'installation.
- Un réseau RLAN est en général constitué d'un point d'accès auquel peuvent se connecter des stations terminales. Ce guide ne traite que des points d'accès. Par conséquence, les stations terminales de l'abonné (en général intégrées dans les ordinateurs portables, les PDA, les téléphones, etc.) ne seront pas abordées.
- Pour plus d'informations, le lecteur pourra se référer au rapport mis en ligne par l'ARCEP, intitulé : « Evaluation du niveau des champs électromagnétiques produits par les Réseaux locaux radioélectriques RLAN ou WLAN (WiFi) / Etudes Supélec » (http://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/synth-etudesupelec-wifi-dec06.pdf)

6.2 Caractéristiques des émetteurs

La réglementation radioélectrique (décisions 02-1009 et 03-908 publiées par l'ARCEP) prévoit une PIRE maximale de 100 mW pour les équipements RLAN dans la bande considérée. Il est important de noter que la puissance de 100mW (PIRE) est la puissance isotrope rayonnée équivalente (efficace) pendant l'émission d'un paquet de données. Compte tenu de l'aspect non permanent de l'émission

radioélectrique en WiFi (802.11b ou 802.11g), la puissance moyenne est toujours inférieure à la PIRE maximale autorisée.

La valeur du champ électromagnétique décroît rapidement lorsque la distance à l'antenne augmente, ce qui entraîne, au vu des faibles puissances en jeu, qu'au-delà de quelques mètres, la contribution d'un équipement RLAN à 2,45 GHz (utilisé dans les conditions nominales prescrites par le constructeur) devient négligeable en terme d'exposition.

Au-delà de quelques centimètres, les formules de champ lointain s'appliquent. La figure suivante est alors obtenue, confirmant cette décroissance rapide du champ.

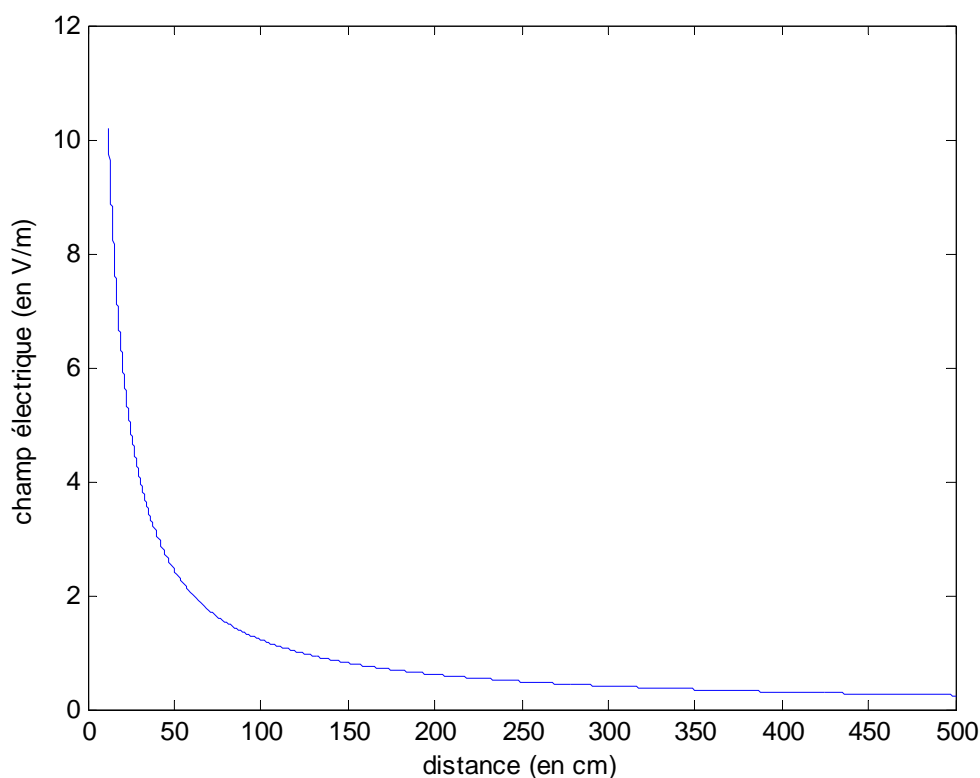


Figure 6.1 : Evolution théorique du champ électrique pour une PIRE de 50 mW

La figure ci-dessus permet de dresser le constat suivant : au-delà de quelques mètres la contribution d'un équipement WiFi devient négligeable en terme d'exposition et il est très difficile de la distinguer dans le bruit ambiant.

6.3 Résultats et périmètres de sécurité

Etant donnés les faibles niveaux de puissance émise et en raison de la proximité potentielle avec l'utilisateur, la vérification directe de la conformité aux restrictions de base est plus pertinente et techniquement plus justifiée que la vérification de la conformité aux niveaux de référence, afin de ne

pas induire des périmètres de sécurité inadaptés. Il est donc nécessaire d'évaluer le DAS. La mesure est effectuée conformément à la norme CENELEC EN 50383.

D'après cette norme, les restrictions de base corps entier sont nécessairement vérifiées si la puissance totale émise est inférieure à 1 watt. Concernant les restrictions de base locales, des mesures ont montré que le DAS local ne dépasse pas 0,6 W/kg dans le cas d'une antenne directionnelle pour une PIRE de 100 mW, à comparer avec la valeur limite du DAS de 2W/kg pour la tête ou le tronc.

En conclusion, aucun périmètre de sécurité n'est donc nécessaire concernant les antennes RLAN à 2,45 GHz vis à vis de la réglementation en vigueur, relative à la limitation de l'exposition du public aux champs électromagnétiques.

7 Futures évolutions

Ce guide sera amené à être révisé et complété au fil de l'évolution des systèmes radioélectriques qui sont abordés. Il est en particulier prévu de rajouter de nouveaux chapitres traitant de systèmes ne figurant pas dans cette présente version comme les systèmes de réseaux locaux RLAN à 5 GHz, les faisceaux hertziens du service fixe, les émetteurs de télévision mobile personnelle, les émetteurs UMTS à 900 et 1800 MHz et autres systèmes futurs.
