

Liège, le 10 novembre 2009.

**RAPPORT DE CONTROLE ET DE MESURE
DES RAYONNEMENTS
GENERES PAR DES ANTENNES EMETTRICES**
Commune : MARCHE-EN-FAMENNE – Exploitant : MOBISTAR
Référence exploitant : 212R1_1

Rapport n° 2626 / 2009

TABLE DES MATIERES

1. Préambule.....	3
2. Norme appliquée.....	3
3. Procédure de contrôle et de mesure	4
4. Equipements utilisés	5
5. Antennes faisant l'objet des contrôles et mesures.....	6
6. Détection des fréquences rayonnées par l'installation	7
7. Intensité du rayonnement électromagnétique dans les lieux de séjour.....	9
8. Conclusions.....	13

1. Préambule

Le présent document constitue le rapport visé à l'article 6 du décret du 3 avril 2009 (M.B. du 06/05/2009) relatif à la protection contre les éventuels effets nocifs et nuisances provoqués par les rayonnements non ionisants générés par des antennes émettrices stationnaires et dénommé ci-après « le décret ». Il concerne l'installation référencée dans le tableau 1. Les résultats et conclusions découlent de contrôles et de mesures in situ réalisés par l'ISSEP.

Tableau 1 : Données générales

Adresse	Place de la Gare 6900 Marche-en-Famenne (Waha)
Type d'implantation	Pylône
Exploitant	MOBISTAR
Réf. du site de l'exploitant	212R1_1
Mesures et contrôles effectués par	W. PIRARD, Ingénieur civil en Electronique B. VATOVEZ, Ingénieur civil physicien
Date des mesures et contrôles	29 octobre 2009 entre 12h30 et 13h30

2. Norme appliquée

L'article 4 du décret stipule que dans les lieux de séjour, l'intensité du rayonnement électromagnétique généré par toute antenne émettrice stationnaire ne peut pas dépasser la limite d'immission de 3 V/m. Cette limite d'immission est une valeur efficace moyenne calculée et mesurée durant une période quelconque de 6 minutes et sur une surface horizontale de $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$, par antenne.

Le décret précise également :

- que l'intensité du rayonnement électromagnétique dans les lieux de séjour est calculée et mesurée aux niveaux suivants :
 - dans les locaux : 1,50 m au-dessus du niveau du plancher;
 - dans les autres espaces : 1,50 m au-dessus du niveau du sol.
- que la limite d'immission s'applique à toute antenne émettrice stationnaire sans que soient pris en compte les rayonnements électromagnétiques générés par d'autres sources de rayonnements électromagnétiques éventuellement présentes.
- que les antennes dites multi-bandes conçues pour rayonner simultanément les signaux de N réseaux sont considérées comme équivalentes à N antennes distinctes.
- que lorsque plusieurs antennes installées sur un même support sont utilisées pour émettre les signaux d'un même réseau dans une zone géographique, elles sont considérées comme ne formant qu'une seule antenne.

Selon l'article 2 du décret, on entend par :

- antenne émettrice stationnaire : élément monté sur un support fixe de manière permanente, qui génère un rayonnement électromagnétique dans la gamme de fréquences comprises entre 100 kHz et 300 GHz et dont la PIRE maximale est supérieure à 4 W, et qui constitue

l'interface entre l'alimentation en signaux haute fréquence par câble ou par guide d'onde et l'espace, et qui est utilisée dans le but de transmettre des télécommunications;

- lieux de séjour (LS): les locaux d'un bâtiment dans lesquels des personnes peuvent ou pourront séjourner régulièrement tels que les locaux d'habitation, école, crèche, hôpital, home pour personnes âgées, les locaux de travail occupés régulièrement par des travailleurs, les espaces dévolus à la pratique régulière du sport ou de jeux à l'exclusion, notamment, des voiries, trottoirs, parkings, garages, parcs, jardins, balcons, terrasses.

3. Procédure de contrôle et de mesure

Cette brève description de la procédure de contrôle et de mesures fait référence aux deux documents suivants :

- | | |
|-----------------|---|
| [ISSEP 1658-09] | Méthode de mesure des rayonnements électromagnétiques pour le contrôle des antennes émettrices en Région wallonne (www.issep.be) |
| [EN 50492] | Norme de base pour la mesure du champ électromagnétique sur site, en relation avec l'exposition du corps humain à proximité des stations de base – CENELEC – Février 2008 |

L'objectif des contrôles et mesures est de vérifier que les antennes constituant l'installation référencée dans le tableau 1 et dont les principales caractéristiques sont reprises dans le tableau 2, respectent la limite d'immission fixée à l'article 4 du décret. Par contre, le but n'est pas de fournir un relevé exhaustif du champ pour tous les lieux alentour de l'installation.

La première étape de la procédure consiste à identifier les LS qui, compte tenu de leur localisation par rapport aux antennes, sont les plus exposés. Cette identification repose notamment sur :

- un relevé de la position et de la hauteur des LS aux alentours des antennes;
- les azimuts des antennes (lorsqu'elles sont directives);
- la présence d'obstacles (bâtiments, végétation, ...);
- la répartition de l'intensité du rayonnement dans le faisceau d'une antenne obtenue par simulations au moyen d'un modèle mathématique.

De manière générale, les mesures et contrôles ciblent les LS qui sont, à la fois, les plus élevés et les plus proches des antennes. Les azimuts (ou le caractère omnidirectionnel) font l'objet d'un contrôle visuel afin de valider certains paramètres utilisés pour les simulations.

La pratique montre également que le rayonnement est négligeable par rapport à la limite d'immission de 3 V/m dans les bâtiments sur le toit desquels des antennes sont installées. Effectuer des mesures dans de tels LS est donc généralement inutile.

L'intensité du champ est obtenue selon la méthode détaillée dans le document [ISSEP 1658-09]. Comme expliqué dans ce document, il découle des caractéristiques techniques des antennes utilisées en téléphonie mobile que le champ est forcément inférieur à 3 V/m au-delà d'une distance égale à une centaine de mètres.

Pour rappel, l'intensité du rayonnement électromagnétique généré par une antenne de téléphonie mobile présente des variations importantes :

- dans l'espace, en raison des divers phénomènes (réflexion, diffraction, ...) qui affectent la propagation des ondes;
- dans le temps puisqu'une antenne émet une puissance qui dépend du nombre de conversations en cours ou du débit de données transmis; en outre, la puissance émise est ajustée, de manière automatique, au niveau minimum suffisant pour garantir une communication de qualité (contrôle automatique de la puissance).

De manière à fournir un résultat indépendant de la puissance émise au moment des mesures, celles-ci sont réalisées à la fréquence d'une porteuse dont la puissance est constante. Conformément à la norme EN 50492, le champ correspondant à l'émission de la puissance maximale est obtenu par extrapolation :

- dans le cas du réseau TETRA, on mesure le champ E_{MCCH} à la fréquence du canal de contrôle (fréquence du MCCH¹). Le champ dû aux NP porteuses émises à la puissance maximale est déduit de la formule

$$E_{\max} = E_{MCCH} \cdot \sqrt{NP} \quad (1)$$

- dans le cas des réseaux GSM 900 et DCS 1800, on mesure le champ E_{BCCH} à la fréquence du canal de contrôle (fréquence du BCCH²). Le champ dû aux NP porteuses émises à la puissance maximale est déduit de la formule

$$E_{\max} = E_{BCCH} \cdot \sqrt{NP} \quad (2)$$

- dans le cas du réseau UMTS, le champ correspondant au maximum de la puissance repose sur le fait que la puissance du canal commun CPICH³ représente environ 10% de la puissance maximale rayonnée. Ce champ maximum est déduit de la formule

$$E_{\max} = 3,16 \times E_{CPICH} \quad (3)$$

Précisons que la méthode utilisée fournit un résultat indépendant de la puissance rayonnée au moment des mesures. L'intensité du rayonnement électromagnétique ainsi obtenue est la valeur maximale locale et temporelle; c'est donc le champ maximum qui peut éventuellement être atteint, en certains points du LS, lorsque l'antenne émet à puissance maximale.

Sauf mention contraire, toutes les intensités de rayonnement désignées par les symboles E_{res} , $E_{\max}$, E_{BCCH} , E_{CPICH} , E_{MCCH} et E_{LS} doivent être comprises comme étant des valeurs efficaces moyennes calculées sur une surface de 0,5 x 0,5 m².

En ce qui concerne les LS dans les bâtiments, les mesures devraient de préférence être effectuées à l'intérieur, ce qui n'est évidemment envisageable qu'avec l'accord et en présence de l'occupant. Ce n'est malheureusement pas toujours possible et il est parfois plus simple de déduire le champ à l'intérieur d'un bâtiment à partir du rayonnement mesuré à l'extérieur. Cette méthode impose toutefois la prise en compte des facteurs de corrections adéquats.

Lorsque l'intensité du rayonnement dans un LS a été obtenue indirectement (par exemple à partir d'une mesure à l'extérieur ou dans un lieu voisin), les résultats sont exprimés sous la forme : « champ à l'intérieur du LS inférieur ou égal à une certaine valeur », (en abrégé : « $E_{LS} \leq x$ V/m »), ce qui signifie, qu'en pratique, le champ réel pourrait être nettement inférieur à la valeur mentionnée. Comme expliqué dans le document [ISSeP 1658-09], cette incertitude découle, notamment, du fait qu'une surestimation peut résulter de la manière dont le champ à l'intérieur est déduit à partir de mesures à l'extérieur. Une telle surestimation est toutefois acceptable puisqu'elle va dans le sens de la sécurité.

4. Equipements utilisés

Les équipements utilisés comprennent notamment :

- un mesureur sélectif de champ (« Selective Radiation Meter ») NARDA de type SRM 3000 couvrant la bande comprise entre 100 kHz et 3.000 MHz;

¹ MCCH est l'abréviation de « Multidestination Control Channel ».

² BCCH est l'abréviation de « Broadcast Control Channel ».

³ CPICH est l'abréviation de « Primary Common Pilot Channel ».

- une sonde triaxiale (« Three-Axis-Antenna, E Field ») NARDA de type P/N 3501/01 couvrant la bande comprise entre 75 et 3.000 MHz.

Le mesureur de champ NARDA - SRM 3000 fournit directement la résultante du champ électromagnétique calculée d'après la formule suivante :

$$E_{\text{res}} = \sqrt{E_x^2 + E_y^2 + E_z^2} \quad (4)$$

dans laquelle E_x , E_y , E_z désignent les composantes du champ mesurées suivant les axes orthogonaux x, y et z.

5. Antennes faisant l'objet des contrôles et mesures

Les contrôles et mesures concernent toutes les antennes de l'installation référencée dans le tableau 1 et qui émettent un rayonnement électromagnétique dans la gamme de fréquences visée par le décret (de 100 kHz à 300 GHz).

N.B. : Signalons que des antennes réceptrices faisant éventuellement partie de l'installation référencée au tableau 1 ne génèrent aucun rayonnement électromagnétique significatif et qu'il n'y a par conséquent pas lieu de mesurer.

Le tableau 2 reprend les caractéristiques des antennes déclarées⁴ par l'exploitant.

Chaque azimut (ou le caractère omnidirectionnel) a fait l'objet d'un contrôle visuel.

Observations : Néant

Remarque concernant les antennes paraboliques

Certaines installations comprennent également une (ou plusieurs) antenne(s) parabolique(s). De telles antennes sont à la fois émettrices et réceptrices et sont utilisées pour établir des liaisons de type « faisceaux hertziens ». Il s'agit de liaisons fixes sur des distances relativement courtes.

Ces antennes paraboliques se présentent sous la forme d'un cylindre dont le diamètre est compris entre une dizaine de centimètres et un mètre selon le modèle. Elles sont installées de telle manière que l'axe du cylindre soit approximativement horizontal. Elles sont généralement signalées dans les documents par les indications « faisceaux hertziens » ou « FH » ou parfois « mini-links ». La fréquence d'émission de ces antennes est supérieure à 6 GHz et la puissance rayonnée est généralement de quelques dizaines de mW.

En 2001, à la demande de la Région de Bruxelles-Capitale, l'ISSeP a réalisé une étude⁵ des champs électromagnétiques générés par les antennes paraboliques qui équipent les faisceaux hertziens utilisés en téléphonie mobile. Cette étude a démontré que, pour les antennes paraboliques dont la puissance est inférieure à 250 mW, le champ à 2 ou 3 m sous l'axe du faisceau ne dépasse jamais 1 V/m en l'absence d'obstacle (cas le plus défavorable) et quelle que soit la distance à laquelle on se trouve. Il en découle qu'il faudrait, au minimum, une puissance de 2,25 W pour que le seuil de 3 V/m puisse être atteint à 2 ou 3 m sous le faisceau.

⁴ Déclaration en vue de l'obtention de l'avis visé à l'article 5 du décret ou lors de la demande de contrôles et mesures.

⁵ Etude des risques liés à l'exposition aux champs électromagnétiques rayonnés par les faisceaux hertziens utilisés par les opérateurs de téléphonie mobile - Etude réalisée à la demande de la Région de Bruxelles-Capitale - Novembre 2001 (www.issep.be).

Dans les LS (à l'intérieur d'un bâtiment selon la définition rappelée au §2) l'immission y sera, au minimum, entre 3 et 10 fois plus faible, soit moins de 0,3 V/m en raison des mécanismes de réflexion et d'absorption dus à l'enveloppe du bâtiment.

En conséquence, compte tenu que les antennes paraboliques sont toujours installées nettement plus haut que les lieux de séjour alentour, l'immission qu'elles y produisent est négligeable par rapport à 3 V/m et il n'y a donc pas lieu de la mesurer.

Tableau 2 : Caractéristiques des antennes⁶

Antennes	Réseau	Bande de fréquences (en émission)	Constructeur de l'antenne	Type d'antenne (numéro de référence constructeur)	Azimut (par rapport au nord)	Hauteur du milieu de l'antenne au-dessus du sol	Puissance totale (à l'entrée de l'antenne)	Angle de tilt ⁷ électrique	Angle de tilt ⁷ mécanique	Nombre de porteuses émises
1	GSM	935 à 960	Jaybeam	5265 102	10	34,35	40	-4	0	2
2			Jaybeam	5265 102	110	34,35	40	-4	0	2
3			Jaybeam	5265 102	200	34,35	40	-4	0	2
4	DCS	1805 à 1880	-	-	-	-	-	-	-	-
5			-	-	-	-	-	-	-	-
6			-	-	-	-	-	-	-	-
7	UMTS	2110 à 2170	-	-	-	-	-	-	-	-
8			-	-	-	-	-	-	-	-
9			-	-	-	-	-	-	-	-
Unités :		MHz			degrés	m	W	degrés	degrés	

6. Détection des fréquences rayonnées par l'installation

Afin de déterminer l'intensité du rayonnement lorsque les antennes émettent au maximum de leur puissance, une détection des fréquences émises dans chaque secteur a été effectuée. Le tableau 3 détaille les signaux présents lors des contrôles et mesures :

- pour les antennes GSM et DCS 1800 : la fréquence du canal de contrôle et le nombre total de porteuses;
- pour les antennes UMTS : la fréquence de la (ou des) porteuse(s).

⁶ Les cellules du tableau non complétées indiquent qu'il n'y a pas d'antenne correspondante.

⁷ Un tilt positif ou négatif correspond respectivement à une inclinaison vers le haut ou vers le bas.

**Tableau 3 : Fréquence du canal de contrôle
et nombre total de porteuses lors du contrôle**

Antennes	Réseau	Fréquence du canal de contrôle	Nombres de porteuses
1	GSM	945,0	2
2		945,4	2
3		945,8	2
1	DCS	-	-
2		-	-
3		-	-
1	UMTS	-	-
2		-	-
3		-	-
Unités :		MHz	

Observations : Néant

7. Intensité du rayonnement électromagnétique dans les lieux de séjour

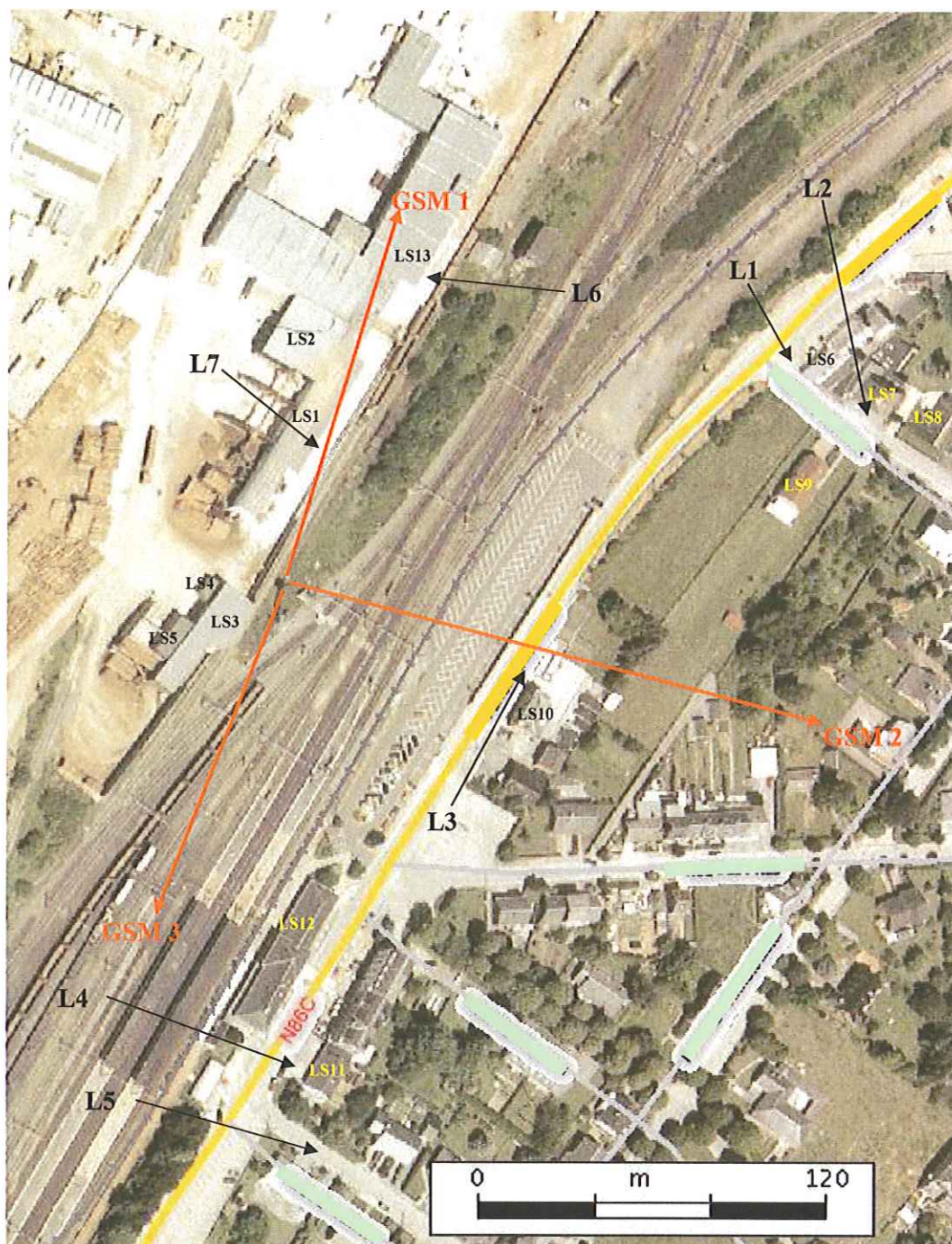


Figure 1 : Plan⁸ de la zone autour de l'antenne.

La figure 1 représente la vue en plan⁹ de la zone autour de l'antenne avec indications des azimuts des différentes antennes et des différents LS. Les indications L1, L2, L3, etc. indiquent les lieux de prise de mesure dans les LS ou à l'extérieur.

⁸ © Région wallonne, Navteq et IGN.

⁹ La figure doit permettre une localisation approximative des LS et les lieux de mesures. L'échelle n'est pas nécessairement exacte.

7.1. Mesures prises directement dans des lieux de séjour

Comme précisé dans le document [ISSEP 1658-09], si un LS comporte une fenêtre orientée vers une antenne à contrôler, le champ est moyenné sur une surface horizontale de 0,5 x 0,5 m² dont le bord le plus proche se trouve à environ 0,5 m du milieu de la fenêtre (fermée) et à 1,5 m au-dessus du sol ou du plancher. Cette manière de procéder fournit, en principe, l'exposition maximale à l'intérieur du LS et réduit fortement l'influence des variations du champ dans l'espace, d'où une meilleure reproductibilité des résultats.

Les intensités de rayonnement effectivement mesurées à l'intérieur des LS sont résumées dans le tableau 4 de la manière suivante :

- colonne 1 : identification des LS sur la figure 1 et éventuellement leur adresse;
- colonne 2 : étage et local dans lequel la mesure a été prise;
- colonne 3 : une indication des lieux (repérés L1, L2, L3,... sur la figure 1) où les mesures ont été prises;
- colonne 4 : champ total dans la bande de fréquences comprises entre 75 et 3.000 MHz dans ce LS au moment de la mesure. Ce résultat n'est donné qu'à titre indicatif;
- colonne 5 : champ maximum¹⁰ dans ce LS produit par l'antenne de la colonne 6;
- colonne 6 : numéro de l'antenne auquel correspond le résultat de la colonne 5 (ne sont reprises que celles qui ont une contribution significative dans ce LS);

Tableau 4 : Champ électromagnétique dans les lieux de séjour

1	2	3	4	5	6
LS	Étage et local	Lieux de mesure	Champ total (de 75 à 3.000 MHz)	Champ maximum par antenne	N° antenne correspondante
unités :	-	-	V/m	V/m	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

¹⁰ Champ maximum lorsque toutes les porteuses émettent à pleine puissance.

N.B. : *Le champ total dans la bande de fréquences comprises entre 75 et 3.000 MHz inclut le champ généré par l'installation référencée dans le tableau 1 ainsi que celui généré par d'autres installations éventuellement présentes sur le même site ou alentour. Il s'agit, notamment, des champs produits par les émetteurs de radiodiffusion en fréquences modulées (FM), les émetteurs de télévision, les systèmes de radiocommunication mobile utilisés par les services de secours, le réseau de communication TETRA, les réseaux de téléphonie mobile GSM, DCS 1800 et UMTS, le réseau de téléphonie mobile GSM R utilisé par les chemins de fer, les stations de base et les téléphones sans fil DECT ainsi que les stations de base et les équipements portables Wi-Fi. Précisons qu'il s'agit du champ total au moment de la mesure. Il n'est donné qu'à titre indicatif car non extrapolé au maximum de la puissance des diverses sources.*

7.2. Champ dans les lieux de séjour déduit d'une mesure indirecte

Les valeurs de champ dans un LS obtenues indirectement, à partir d'une mesure à l'extérieur ou dans un lieu voisin plus facilement accessible (repérés L1, L2, L3, etc. sur la figure 1) sont résumées dans le tableau 5 de la manière suivante :

- colonne 1 : localisation des lieux (repérés L1, L2, L3, ... sur la figure 1) où les mesures ont été prises;
- colonne 2 : champ total dans la bande de fréquences comprises entre 75 et 3.000 MHz en ce lieu au moment de la mesure (voir N.B. ci-dessus). Ce résultat est donné à titre indicatif;
- colonne 3 : le champ maximum¹¹ produit par l'antenne de la colonne 4 où la mesure a été prise;
- colonne 4 : numéro de l'antenne auquel correspond le résultat de la colonne 3 (ne sont reprises que celles qui ont une contribution significative dans ce LS);
- colonne 5 : hauteur du point de mesure. Sauf mention contraire, le champ est mesuré à 1,5 m du sol le long du trottoir devant ou autour du LS. Lorsque la situation l'exige, il peut être mesuré à 6 m du sol au moyen d'un mât télescopique. Il peut également être mesuré dans un autre bâtiment accessible;
- colonne 6 : identification des LS sur la figure 1 et éventuellement leur adresse;
- colonne 7 : liste des corrections appliquées pour la détermination du champ à l'intérieur du LS. Ces corrections sont décrites au §4 du document [ISSEP 1658-09] :
 - a) correction de distance;
 - b) prise en compte des obstacles;
 - c) correction d'azimut;
 - d) correction d'élévation;
- colonne 8 : la somme des corrections appliquées exprimée en dB;
- colonne 9 : le champ maximum par antenne à l'intérieur du LS.

¹¹ Champ maximum lorsque toutes les porteuses émettent à pleine puissance.

Tableau 5 : Champ électromagnétique dans les lieux de séjour déduit indirectement

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Localisation du lieu de mesure et repère	Champ total (de 75 à 3.000 MHz)	Champ maximum par antenne au lieu de mesure	N° antenne correspondante	Hauteur du lieu de mesure	LS	Type de correction	Correction totale	Champ maximum par antenne dans le LS
unités :	V/m	V/m	-	m	-	-	dB	V/m
L1 – devant maison TEC RdC + 1 étage 14, rue de Marlida	0,64	0,76	GSM 2	-	LS6 14, rue de Marlida	b	-3,0	≤ 0,54
L2 – devant maison RdC + 1 étage 9, rue du Vicinal	0,59	0,66	GSM 2	-	LS7 à 9 Rue du Vicinal	a,b	-1,4	≤ 0,56
L3 – devant maison RdC + 2 étages 8, rue de Marlida	0,33	0,26	GSM 2	-	LS10 8, rue de Marlida	b	-3,0	≤ 0,19
L4 – trottoir commerce 6, Place de la Gare	0,32	0,41	GSM 3	-	LS11 6, Place de la Gare	b	-3,0	≤ 0,29
L5 – devant 2, rue des Prés	0,36	0,42	GSM 3	-	LS12 Gare	a,b	2,5	≤ 0,56
L6 – à l'extérieur, site d'usine	0,49	0,38	GSM 1	-	LS13 Bâtiment industriel	b	-3,0	≤ 0,27
L7 – à l'extérieur, site d'usine	0,52	0,33	GSM 1	-	LS1 et 2 Bâtiment industriel	b	-3,0	≤ 0,23

7.3. Aucun lieu de séjour à moins de 150 m des antennes

Lorsqu'il n'y a aucun LS à moins de 150 m des antennes, des mesures sont néanmoins effectuées, à titre de contrôle, en des lieux accessibles repérés sur la figure 1. Les résultats sont repris dans le tableau 6. Le contenu des colonnes est semblable à celui du tableau 4. Toutefois, ces points ne constituant pas des LS au sens du décret, un résultat de mesure supérieur à 3 V/m n'est pas une violation de la limite d'immission.

Tableau 6 : Champ électromagnétique en divers lieux accessibles (voir figure 1)

1	2	3	4
N° du point de mesure	N° antenne correspondante	Champ maximum par antenne en ce point	Champ total (de 75 à 3.000 MHz)
unités :	-	V/m	V/m

8. Conclusions

Selon la colonne intitulée « Champ maximum par antenne (...) » des tableaux 4 à 6, aucune antenne ne produit, dans un lieu de séjour et lorsque la puissance maximale est émise, un rayonnement électromagnétique maximum supérieur à 3 V/m.

Précisons que les tableaux 4 et 5 ne mentionnent que les lieux de séjour pour lesquels le risque de dépassement de la limite d'immission est le plus grand. A contrario, les lieux non cités explicitement dans ces tableaux sont ceux pour lesquels tout dépassement peut être exclu sur base des résultats des mesures effectuées sur le site, de leur localisation et du type de construction (parois métalliques, absence de fenêtres,...).

Les mesures de champ indiquent qu'aucune antenne ne produisait, dans un lieu de séjour, un rayonnement électromagnétique maximum supérieur à 3 V/m. En conclusion, à la (aux) date(s) mentionnée(s) dans le tableau 1, les antennes émettrices identifiées aux tableaux 1 et 2 respectent la limite d'immission fixée à l'article 4 du décret.



Benjamin VATOVEZ,
Ingénieur Civil physicien,
Attaché



Willy PIRARD,
Ingénieur Civil en Electronique,
Responsable de la Cellule
Champs électromagnétiques.