

Institut scientifique
de service public

Métrologie environnementale
Recherche – Analyses
Essais- Expertises

Siège social et site de Liège :
Rue du Chéra, 200
B-4000 Liège
Tél : +32(0)4 229 83 11
Fax : +32(0)4 252 46 65
Site web : <http://www.issep.be>

Site de Colfontaine :
Zoning A. Schweitzer
Rue de la Platinerie
B-7340 Colfontaine
Tél : +32(0)65 61 08 11
Fax : +32(0)65 61 08 08

Liège, le 6 février 2013.

**RAPPORT DE CONTROLE ET DE MESURE
DES RAYONNEMENTS
GENERES PAR DES ANTENNES EMETTRICES**
Commune : KELMIS (LA CALAMINE) - Exploitant : BELGACOM
Référence exploitant : 87HRR

Rapport n° 343 / 2013

Table des matières.

1. Préambule	3
2. Norme appliquée	3
3. Procédure de contrôle et de mesure	4
4. Equipements utilisés.....	6
5. Antennes faisant l'objet des contrôles et mesures	6
Remarque concernant les antennes paraboliques.....	6
6. Détection des fréquences rayonnées par l'installation.....	8
7. Intensité du rayonnement électromagnétique dans les lieux de séjour	9
7.1. Mesures prises directement dans des lieux de séjour	10
7.2. Champ dans les lieux de séjour déduit d'une mesure indirecte	11
7.3. Aucun lieu de séjour à proximité des antennes	12
8. Conclusions	13

1. Préambule

Le présent document constitue le rapport visé à l'article 99 du décret-programme¹ du 22 juillet 2010. Il est relatif au contrôle du respect de la limite d'immission fixée à l'article 4 du décret² du 3 avril 2009 et dénommé ci-après « le décret ». Les résultats et conclusions présentés dans ce rapport concernent l'installation référencée dans le tableau 1 et découlent de contrôles et de mesures réalisés *in situ*.

Tableau 1 : Données générales

Adresse	Rue du Patronage, 53 4720 KELMIS (LA CALAMINE) (La Calamine)
Type d'implantation	Mât sur bâtiment
Exploitant	BELGACOM
Référence du site de l'exploitant	87HRR
Mesures et contrôles effectués par	B. VATOVEZ, Ingénieur civil physicien F. VARDAKAS, Gradué en Electronique appliquée A. GUETTAFI, Gradué en Informatique industrielle
Date(s) des mesures et contrôles	15 janvier 2013 entre 9 h 45 et 11 h 30 1^{er} février 2013 entre 10 h et 10 h 45

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.

¹ Décret-programme du 22 juillet 2010 portant des mesures diverses en matière de bonne gouvernance, de simplification administrative, d'énergie, de logement, de fiscalité, d'emploi, de politique aéroportuaire, d'économie, d'environnement, d'aménagement du territoire, de pouvoirs locaux et de ruralité - Section 5 – Modifications apportées au décret du 3 avril 2009 relatif à la protection contre les éventuels effets nocifs et nuisances provoqués par les rayonnements non ionisants générés par des antennes émettrices stationnaires - M.B. du 20/08/2010

² Décret du 3 avril 2009 relatif à la protection contre les éventuels effets nocifs et nuisances provoqués par les rayonnements non ionisants générés par des antennes émettrices stationnaires - M.B. du 06/05/2009

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 comprise 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 ;
- Puissance Isotrope Rayonnée Equivalente (PIRE) : la PIRE est égale au produit de la puissance fournie à l'entrée de l'antenne par son gain maximum (c'est-à-dire le gain mesuré par rapport à une antenne isotrope dans la direction où l'intensité du rayonnement est maximale).

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 MCCH³). 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 BCCH⁴). 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 CPICH⁵ 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 $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$.

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 : « $E_{LS} \leq x \text{ V/m}$ »), 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

³ MCCH est l'abréviation de « *Multidestination Control Channel* ».

⁴ BCCH est l'abréviation de « *Broadcast Control Channel* ».

⁵ CPICH est l'abréviation de « *Primary Common Pilot Channel* ».

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 de fréquences comprise entre 100 kHz et 3000 MHz ;
- un mesureur sélectif de champ (« Selective Radiation Meter ») NARDA de type SRM-3006 couvrant la bande de fréquences comprise entre 9 kHz et 3000 MHz ;
- une sonde triaxiale (« Three-Axis-Antenna, E Field ») NARDA de type P/N 3501 couvrant la bande de fréquences comprise entre 27 et 3000 MHz ;
- une sonde triaxiale (« Three-Axis-Antenna, E Field ») NARDA de type P/N 3502/01 couvrant la bande de fréquences comprise entre 420 et 6000 MHz.

Le mesureur de champ NARDA (de type SRM-3000 ou SRM-3006) 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 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 déclarées⁶ 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.

⁶ 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.

En 2001, à la demande de la Région de Bruxelles-Capitale, l'ISSEP a réalisé une étude⁷ 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 2,250 W pour que le seuil de 3 V/m puisse être atteint à 2 ou 3 m sous le faisceau.

Dans les lieux de séjour (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 antennes⁸

Antenne		Réseau	Bande de fréquences (en émission)	Constructeur de l'antenne	Type d'antenne (numéro de référence constructeur)	Azimut ⁹ (par rapport au nord)	Hauteur du milieu de l'antenne au-dessus du sol	Puissance totale (à l'entrée de l'antenne) ¹⁰	Angle de tilt ¹¹ électrique	Angle de tilt ¹¹ mécanique	Nombre de fréquences d'émission ¹²	Fréquences	Scrambling code
1	GSM	925 à 960	Kathrein	80010122	90	17,7	45,7	0 à -3	0	2	950,0	-	
2			Kathrein	80010122	210	17,7	45,7	0 à -2	0	3	948,4	-	
3			Kathrein	80010122	330	17,7	45,7	0 à -3	0	2	951,2	-	
-	DCS	1805 à 1880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	UMTS	2110 à 2170	Kathrein	80010122	90	17,7	45,7	0 à -3	0	2	2112,6	164	
8			Kathrein	80010122	210	17,7	45,7	0 à -2	0	2	2112,6	96	
9			Kathrein	80010122	330	17,7	45,7	0 à -3	0	2	2112,6	71	
-		925	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-		à	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-		960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Unités : MHz					degrés	m	W	degrés	degrés		MHz		

⁷ 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).

⁸ Les cellules du tableau non complétées indiquent qu'il n'y a pas d'antenne correspondante.

⁹ Une valeur d'azimut de 360 indique que l'antenne peut être installée dans n'importe quelle direction ; l'abréviation « OMNI » indique que l'antenne est omnidirectionnelle.

¹⁰ Les antennes réceptrices ne génèrent aucun rayonnement électromagnétique significatif.

¹¹ Un tilt positif ou négatif correspond respectivement à une inclinaison vers le haut ou vers le bas.

¹² TRX pour les réseaux GSM et DCS 1800.

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).

Lorsqu'il y a divergence entre le nombre maximum de porteuses déclaré par l'exploitant et celui constaté lors du (des) contrôle(s), la valeur reprise dans la dernière colonne des tableaux 2 et 3, également utilisée pour le calcul du champ maximum par antenne des tableaux 4 à 6, est le plus grand de ces nombres. Compte tenu des formules (1) et (2), cette approche conduit au résultat le plus élevé, ce qui va dans le sens de la sécurité.

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

Antenne	Réseau	Fréquence du canal de contrôle	Nombre de fréquences d'émission ¹²
1	GSM	950,0	2
2		948,4	3
3		951,2	2
-	DCS	-	-
-		-	-
-		-	-
7	UMTS	2112,6	1
8		2112,6	1
9		2112,6	1
-		-	-
-		-	-
-		-	-
Unités :		MHz	

Observations : néant.

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 : localisation 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 3000 MHz dans ce LS au moment de la mesure. Ce résultat n'est donné qu'à titre indicatif ;
- colonne 5 : champ maximum¹⁴ dans ce LS produit par l'antenne des colonnes 6 et 7 ;
- colonne 6 : réseau auquel correspond le résultat de la colonne 5 (GSM, DCS, UMTS, ...) ;
- colonne 7 : 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 (LS)

1	2	3	4	5	6	7
LS	Étage et local	Lieux de mesure	Champ total (de 75 à 3000 MHz)	Champ maximum par antenne	Réseau	Antenne
unités :	-	-	V/m	V/m	-	-
LS0 Centre sportif RdC + 1 étage 53, rue du Patronage	1 ^{er} étage Salle omnisports Pas de vue sur les antennes	L0	0,24	0,10 0,07	GSM UMTS	3 9
LS74 Habitation RdC + 1 étage 74, rue des Sports	1 ^{er} étage Cuisine Vue directe	L74	1,77	1,26 1,40	GSM UMTS	3 9
LS58 Habitation RdC + 1 étage 58, rue du Patronage	1 ^{er} étage Séjour Vue directe	L58	0,46	0,49 0,28	GSM UMTS	1 7

¹⁴ Champ maximum lorsque toutes les porteuses émettent à pleine puissance.

Remarque : ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut.

N.B. : *Le champ total dans la bande de fréquences comprises entre 75 et 3000 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, celui-ci étant susceptible de varier au cours du temps. Il n'est donné qu'à titre indicatif car le champ total résultant de l'émission de plusieurs installations n'est pas pris en compte par le décret.*

Observations : Un courrier a été déposé dans la boîte aux lettres de l'habitation située rue des Sports n°68 (bâtiment LS68 sur la figure 1) en vue d'y effectuer une mesure directe. Malheureusement, aucun des occupants n'y a donné suite. Un dépassement de la limite d'immission de 3 V/m ne peut dès lors être exclu dans le LS68 en question.

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 3000 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 maximum¹⁴ produit par l'antenne des colonnes 4 et 5 où la mesure a été prise ;
- colonne 4 : réseau auquel correspond le résultat de la colonne 3 (GSM, DCS, UMTS, ...) ;
- colonne 5 : 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 6 : 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 7 : identification des LS sur la figure 1 et éventuellement leur adresse ;
- colonne 8 : liste des corrections appliquées pour la détermination du champ maximum 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 9 : la somme des corrections appliquées exprimée en dB ;
- colonne 10 : le champ maximum par antenne à l'intérieur du LS.

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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Localisation du lieu de mesure et repère	Champ total (de 75 à 3000 MHz)	Champ maximum par antenne au lieu de mesure	Réseau	Antenne	Hauteur du point de mesure	LS	Type de correction	Correction totale	Champ maximum par antenne dans le LS
unités :	V/m	V/m	-	-	m	-	-	dB	V/m
L5 Trottoir, devant LS5	0,52	0,55	GSM	1	-	LS5	-	-	≤ 0,55
		0,44	UMTS	7	-	Habitation RdC + 1 étage 64, rue du Patronage	-	-	≤ 0,44
L2 Trottoir, devant LS2	0,31	0,21	GSM	2	-	LS2	-	-	≤ 0,21
		0,10	UMTS	8	-	Habitation RdC + 1 étage 42, rue Kahn	-	-	≤ 0,10
L1 Trottoir, devant LS1	0,41	0,38	GSM	2	-	LS1	-	-	≤ 0,38
		0,29	UMTS	8	-	Habitation RdC + 1 étage 1, rue Kahn	-	-	≤ 0,29
L1B Trottoir, devant LS1B	0,53	0,27	GSM	2	-	LS1B	-	-	≤ 0,27
		0,18	UMTS	8	-	Habitation RdC + 1 étage 8, rue Kahn	-	-	≤ 0,18
L4 Trottoir, devant LS4	0,76	0,72	GSM	1	-	LS4	a,b,c	2,8	≤ 0,99
		0,18	UMTS	8	-	Habitation RdC + 1 étage 12, rue Kahn	a,b,c	2,7	≤ 0,25
L9B A côté de LS9B	0,80	0,64	GSM	2	-	LS9B	-	-	≤ 0,64
		0,68	UMTS	8	-	Habitation RdC + 1 étage	-	-	≤ 0,68
L10 Seuil du 1 ^{er} étage de LS10	1,05	0,73	GSM	2	-	LS10	-	-	≤ 0,73
		0,47	UMTS	8	-	Habitation (RdC) + habitation (1 ^{er} étage)	-	-	≤ 0,47

Observations : néant.

7.3. Aucun lieu de séjour à proximité des antennes

Lorsqu'il n'y a aucun LS dans un rayon minimum de 150 m autour des antennes (distance au-delà de laquelle le rayonnement maximum par antenne est en principe toujours inférieur à 3 V/m compte tenu des caractéristiques des antennes reprises dans le tableau 2), 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 du décret.

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

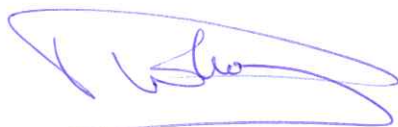
1	2	3	4	5
Localisation du lieu de mesure et repère	Champ total (de 75 à 3000 MHz)	Champ maximum par antenne	Réseau	Antenne
unités :	V/m	V/m	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

Observations : néant.

8. Conclusions

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

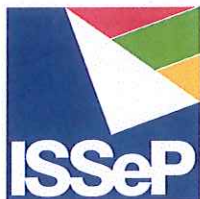
Signalons qu'un courrier a été déposé dans la boîte aux lettres de l'habitation située rue des Sports n°68 (bâtiment LS68 sur la figure 1) en vue d'y effectuer une mesure directe. Malheureusement, aucun des occupants n'y a donné suite. Un dépassement de la limite d'immission de 3 V/m ne peut dès lors être exclu dans le LS68 en question. Hormis ce(s) cas pour le(s)quel(s) on ne peut se prononcer, les mesures de champ indiquent que l'(les) antenne(s) émettrice(s) identifiée(s) aux tableaux 1 et 2 respecte(nt) à la (aux) date(s) mentionnée(s) dans le tableau 1, 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.



Institut scientifique
de service public
Métrologie environnementale
Recherche – Analyses
Essais- Expertises

Siège social et site de Liège :
Rue du Chéra, 200
B-4000 Liège
Tél : +32(0)4 229 83 11
Fax : +32(0)4 252 46 65
Site web : <http://www.issep.be>

Site de Colfontaine :
Zoning A. Schweitzer
Rue de la Platinerie
B-7340 Colfontaine
Tél : +32(0)65 61 08 11
Fax : +32(0)65 61 08 08

Lüttich, den 6. Februar 2013

**KONTROLL- UND MESSBERICHT ÜBER STRAHLUNGEN, DIE
VON SENDEANTENNEN AUSGEHEN**

Gemeinde: KELMIS (LA CALAMINE) – Betreiber: BELGACOM

Kennzeichen des Betreibers: 87HRR

Bericht Nr. 343 / 2013

INHALTSVERZEICHNIS

1. Präambel.....	3
2. Angewandte Norm	3
3. Mess- und Kontrollverfahren	4
4. Verwendete Ausrüstung.....	6
5. Antennen, die Gegenstand des Antrags sind	7
6. Erfassung der von der Anlage ausgestrahlten Frequenzen	9
7. Elektrische Feldstärke in Aufenthaltsräumen	10
8. Schlussfolgerung	15

1. Präambel

Der hier vorliegende Bericht stellt das gemäß Artikel 99 des Programmdekrets¹ vom 22. Juli 2010 erstellte Gutachten dar. Er bezieht sich auf die Überprüfung der Einhaltung des in Artikel 4 des Dekrets² vom 3. April 2009 (im Folgenden „das Dekret“ genannt) festgelegten Immissionsgrenzwertes. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen dieses Berichts beziehen sich auf die in Tabelle 1 bezeichnete Anlage und ergeben sich aus den vor Ort erfolgten Kontrollen und Messungen.

Tabelle 1 : Allgemeine Angaben

Adresse	Patronagestrasse, 53 4720 Kelmis (La Calamine) (La Calamine)
Bauart	Mast auf Gebäude
Betreiber	BELGACOM
Kennzeichen des Standorts des Betreibers	87HRR
Messungen und Kontrollen durchgeführt von	B. VATOVEZ, Ingénieur civil physicien F. VARDAKAS, Gradué en Electronique appliquée A. GUETTAFI, Gradué en Informatique industrielle
Datum (Daten) der Messungen und Kontrollen	15. Januar 2013 zwischen 9 Uhr 45 und 11 Uhr 30 1. Februar 2013 zwischen 10 Uhr 00 und 10 Uhr 45

2. Angewandte Norm

Artikel 4 des Dekrets legt fest, dass die elektrische Feldstärke, die von einer beliebigen stationären Sendeantenne ausgeht, an Aufenthaltsorten (im Folgenden auch „LS“ = frz.: lieu de séjour) den Immissionsgrenzwert von 3 V/m nicht übersteigen darf. Dieser Immissionsgrenzwert ist ein durchschnittlicher Effektivwert, der innerhalb eines Messzeitraums von 6 Minuten und auf einer horizontalen Oberfläche mit den Maßen 0,5 x 0,5 m² je Antenne berechnet und gemessen wird.

Das Dekret legt darüber hinaus Folgendes fest:

- Die elektrische Feldstärke an Aufenthaltsorten muss auf folgenden Höhen berechnet und gemessen werden:
 - in Wohnräumen: 1,50 m über dem Fußbodenniveau
 - an anderen Orten: 1,50 m über dem Fußbodenniveau

¹ Programmdekret vom 22. Juli 2010 zur Festlegung verschiedener Maßnahmen in Sachen verantwortungsvolle Staatsführung, administrative Vereinfachung, Energie, Wohnungswesen, Steuerwesen, Beschäftigung, Flughafenpolitik, Wirtschaft, Umwelt, Raumordnung, lokale Behörden, Landwirtschaft und öffentliche Arbeiten – Abschnitt 5 – Abänderung des Dekrets vom 3. April 2009 über den Schutz gegen etwaige gesundheitsschädliche Auswirkungen und Belästigungen, die durch die durch ortsfeste Sendeantennen erzeugten nicht ionisierenden Strahlungen verursacht werden – Belgisches Staatsblatt vom 20.08.2010

² Dekret vom 3. April 2009 über den Schutz gegen etwaige gesundheitsschädliche Auswirkungen und Belästigungen, die durch die durch ortsfeste Sendeantennen erzeugten nicht ionisierenden Strahlungen verursacht werden – Belgisches Staatsblatt vom 06.05.2009

- Der Immissionsgrenzwert gilt für alle stationären Sendeantennen. Hierbei werden möglicherweise vorhandene elektromagnetische Strahlungen von anderen Strahlungsquellen nicht mit einbezogen.
- So genannte Multiband-Antennen, die darauf ausgelegt sind, dass sie die Signale von N Netzen simultan ausstrahlen, gelten als N einzelne Antennen.
- Wenn mehrere, auf ein und derselben Halterung befestigte Antennen für die Ausstrahlung der Signale ein und desselben Netzwerkes in eine geographische Zone verwendet werden, gelten sie zusammen als eine Antenne.

Gemäß Artikel 2 des Dekrets gelten die folgenden Begriffsbestimmungen:

- Stationäre Sendeantenne: Element, das auf dauerhafte Weise an einer ortsfesten Halterung angebracht ist und eine elektromagnetische Strahlung im Frequenzbereich zwischen 100 kHz und 300 GHz erzeugt, wobei die maximale äquivalente isotrope Strahlungsleistung 4 W überschreitet. Dieses Element stellt eine Schnittstelle zwischen den über ein Kabel oder einen Wellenleiter eingespeisten Hochfrequenzsignalen und dem freien Raum dar und wird für die Übertragung von Telekommunikationssignalen verwendet;
- Aufenthaltssorte (LS): Räumlichkeiten in einem Gebäude, in denen sich Personen regelmäßig aufhalten oder aufhalten können, wie Wohnräume, Schulen, Kinderkrippen, Krankenhäuser, Altenheime sowie Räume, in denen sich Arbeitskräfte regelmäßig aufhalten; Flächen, die zum regelmäßigen Ausüben von Sport und zum Spielen bestimmt sind, mit Ausnahme insbesondere der Verkehrswege, Bürgersteige, Parkplätze, Abstellplätze für Fahrzeuge, Parkanlagen, Gärten, Balkone, Terrassen;
- Äquivalente isotrope Strahlungsleistung (engl. *equivalent isotropically radiated power, EIRP*): Die EIRP ist das Produkt der in eine Sendeantenne eingespeisten Leistung, multipliziert mit deren Antennengewinn (Wert für die Hauptstrahlrichtung der Sendeantenne, relativ zu einem Isotropstrahler, in der gleichzeitig ihr Antennengewinn am größten ist).

3. Mess- und Kontrollverfahren

Die kurze Beschreibung der Mess- und Kontrollverfahren bezieht sich auf die folgenden beiden Dokumente:

[ISSEP 1658-09]	Mess- und Kontrollverfahren der elektromagnetischen Strahlung, die von Sendeantennen der Wallonischen Region ausgehen (www.issep.be)
[EN 50492]	Grundnorm für die Messung der elektromagnetischen Feldstärke am Aufstell- und Betriebsort von Basisstationen in Bezug auf die Sicherheit von in ihrer Nähe befindlichen Personen – CENELEC – Februar 2008

Ziel des Messverfahrens ist es, die in Tabelle 1 beschriebenen Antennen, deren wichtigste Merkmale in Tabelle 2 angegeben sind, dahingehend zu überprüfen, ob sie den in Artikel 4 des Dekrets festgelegten Immissionsgrenzwert einhalten. Es ist allerdings nicht Ziel des Verfahrens, eine vollständige Beschreibung des elektromagnetischen Feldes an allen Orten in der Nähe des Aufstell- und Betriebsortes der Basisstationen zu liefern.

Der erste Verfahrensschritt besteht darin, die LS zu bestimmen, die aufgrund ihrer Position in Bezug auf die Antennen die größte Strahlenexposition aufweisen. Diese Bestimmung beruht insbesondere auf:

- der Bestimmung der Position und der Höhe der LS in der Nähe des Betriebsortes der Antennen;
- der Azimutrichtung der Antennen (wenn es sich um gerichtete Antennen handelt);
- dem Vorhandensein von Hindernissen (Gebäude, Pflanzenbewuchs, etc.);
- der Verteilung der Strahlungsintensität innerhalb der Strahlachse einer Antenne. Diese wird durch Simulationen auf der Basis mathematischer Modelle bestimmt.

Im Allgemeinen zielen die Mess- und Kontrollmaßnahmen auf die jeweils am höchsten und der Antenne am nächsten gelegenen LS ab. Die Azimutrichtungen (oder die Tatsache, dass die Antenne ungerichtet ist) werden durch Augenschein kontrolliert, um bestimmte, im Rahmen der Simulationen verwendete Parameter zu bestätigen.

Die Praxis zeigt darüber hinaus, dass die Strahlung in Bezug auf den Immissionsgrenzwert von 3 V/m in den Gebäuden, auf deren Dach die Antennen installiert sind, vernachlässigbar ist. Dementsprechend sind Messungen an diesen LS generell unnötig.

Die Feldstärkenintensität wird entsprechend der im Dokument [ISSeP 1658-09] detailliert beschriebenen Methode gemessen. Gemäß den Erläuterungen dieses Dokuments ergibt sich, dass die Feldstärke aufgrund der technischen Merkmale der in der Mobiltelefonie eingesetzten Antennen in einer Entfernung von über 100 Metern in jedem Fall unter 3 V/m liegt.

Wir erinnern daran, dass die von einer Mobilfunkantenne ausgehende elektrische Feldstärke erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Gründe hierfür sind:

- verschiedene Phänomene im Raum (Reflexion, Beugung, ...) die die Ausbreitung der Wellen beeinflussen;
- zeitliche Phänomene, da die Strahlungsintensität einer Antenne von der Anzahl der laufenden Gespräche oder vom Durchflussstrom der übertragenen Daten abhängt; darüber hinaus wird die Leistung automatisch an den minimal benötigten Wert angepasst, der für eine ausreichende Gesprächsübertragungsqualität benötigt wird (automatische Leistungskontrolle).

Um zum Zeitpunkt der Messung in Bezug auf die Strahlungsintensität ein Ergebnis zu erhalten, das unabhängig von äußeren Einflüssen ist, erfolgen die Messungen mittels einer Trägerfrequenz mit konstanter Leistung. Gemäß Norm EN 50492 erhalten wir die Feldstärke, die der Emission bei maximaler Leistung entspricht, durch Extrapolation:

- im Falle des TETRA-Funknetzes wird die Feldstärke E_{MCCH} auf der Frequenz des Kontrollkanals (Frequenz des MCCH³) gemessen. Die Feldstärke, die sich bei maximaler Leistung aus der Anzahl NP der Trägerfrequenzen ergibt, wird aus folgender Formel abgeleitet:

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

- im Falle der GSM 900- und DCS 1800- Funknetze wird die Feldstärke E_{BCCH} auf der Frequenz des Kontrollkanals (Frequenz des BCCH⁴) gemessen. Die Feldstärke, die sich bei

³ MCCH ist die Abkürzung von « Multidestination Control Channel ».

⁴ BCCH ist die Abkürzung von « Broadcast Control Channel ».

maximaler Leistung aus der Anzahl NP der Trägerfrequenzen ergibt, wird aus folgender Formel abgeleitet:

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

- im Falle des UMTS-Funknetzes ergibt sich die der Maximalleistung entsprechenden Feldstärke aus der Tatsache, dass die Leistung des gemeinsamen Kanals CPICH⁵ annähernd 10 % der maximal abgestrahlten Leistung ausmacht. Diese maximale Feldstärke wird aus folgender Formel abgeleitet:

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

Wir weisen darauf hin, dass die verwendete Methode ein im Moment der Messung von der Strahlungsstärke unabhängiges Ergebnis ermöglicht. Die Intensität der elektromagnetischen Strahlung entspricht sowohl örtlich als auch zeitlich dem Maximalwert; dementsprechend handelt es sich hierbei um die maximale Feldstärke, die an bestimmten Punkten der LS möglicherweise erreicht werden kann, sobald die Antenne mit maximaler Leistung sendet.

Vorbehaltlich gegenteiliger Vermerke müssen alle Feldstärken, die mit den Symbolen E_{TCSS} , $E_{\max}$, E_{BCCH} , E_{CPICH} , E_{MCCH} et E_{LS} angegeben werden, als durchschnittliche Effektivwerte verstanden werden, die auf einer Fläche mit den Maßen 0,5 x 0,5 m² berechnet werden.

Bezüglich der LS, die sich im Inneren von Gebäuden befinden, wäre es von Vorteil, die entsprechenden Messungen tatsächlich im Inneren des Gebäudes durchzuführen. Dies ist allerdings nur mit der Einverständniserklärung und bei Anwesenheit des Bewohners denkbar. Da diese Vorgehensweise nicht immer möglich ist, erscheint es in manchen Fällen einfacher, die im Inneren des Gebäudes auftretenden Feldstärken von den außerhalb des Gebäudes gemessenen Feldstärken abzuleiten. Bei dieser Methode ist es allerdings vonnöten, adäquate Korrekturfaktoren zu berücksichtigen.

Wenn die Feldstärke an einem LS nicht auf direkte Art und Weise gemessen werden kann (und z.B. die Messung außerhalb eines Gebäudes oder an einem benachbarten Ort erfolgt), werden die Ergebnisse folgendermaßen ausgedrückt: «Feldstärke am LS ist gleich oder geringer als der bestimmte Wert», (in Kurzform: « $E_{\text{LS}} \leq x \text{ V/m}$ »). Dies bedeutet, dass die reale Feldstärke in der Praxis erheblich niedriger als der ermittelte Wert wäre. Wie im Dokument [ISSEP 1658-09] erläutert, ergibt sich diese Unsicherheit aus der Tatsache, dass, wenn die Feldstärke im Inneren von Gebäuden von den Messwerten außerhalb des Gebäudes abgeleitet wird, eine Überschätzung der Werte möglich ist. Eine derartige Überschätzung ist allerdings in jedem Fall akzeptabel, da sie die Sicherheit noch erhöht.

4. Verwendete Ausrüstung

Die verwendete Ausrüstung beinhaltet insbesondere:

- ein frequenzselektives Feldstärkenmessgerät (« Selective Radiation Meter ») NARDA vom Typ SRM-3000, das die Frequenzbänder zwischen 100 kHz und 3.000 MHz abdeckt;
- ein frequenzselektives Feldstärkenmessgerät (« Selective Radiation Meter ») NARDA vom Typ SRM-3006, das die Frequenzbänder zwischen 9 kHz und 3.000 MHz abdeckt;
- dreiaxige Antennen (« Three-Axis-Antenna, E Field ») NARDA vom Typ P/N 3501, das die Frequenzbänder zwischen 27 und 3.000 MHz abdeckt;
- dreiaxige Antennen (« Three-Axis-Antenna, E Field ») NARDA vom Typ P/N 3502/01, das die Frequenzbänder zwischen 420 und 6.000 MHz abdeckt.

⁵ CPICH ist die Abkürzung von « *Primary Common Pilot Channel* ».

Dank des Feldstärkenmessgeräts NARDA (vom Typ SRM-3000 oder SRM-3006) kann die Resultante der Feldstärke unmittelbar mit Hilfe der folgenden Formel ermittelt werden:

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

E_x , E_y , E_z bezeichnen hierbei die Feldstärkenkomponenten, die in den zueinander senkrechten Raumrichtungen x, y et z ermittelt werden.

5. Antennen, die Gegenstand des Antrags sind

Die Mess- und Kontrollmaßnahmen beziehen sich auf alle Antennen, die zu der in Tabelle 1 bezeichneten Anlage gehören und die in dem vom Dekret beschriebenen Frequenzbereich ein elektromagnetisches Feld erzeugen (zwischen 100 kHz und 300 GHz).

N.B.: Wir weisen darauf hin, dass die Empfängerantennen, die möglicherweise Bestandteil der in Tabelle 1 beschriebenen Anlage sind, kein signifikantes elektromagnetisches Feld erzeugen und deshalb auch nicht berücksichtigt werden müssen.

Tabelle 2 enthält die vom Betreiber mitgeteilten technischen Daten der Antennen⁶.

Jede Azimutrichtung (oder die Tatsache, dass die Antenne ungerichtet ist) wurde per Augenschein kontrolliert.

Beobachtungen: Keine

Bemerkung bezüglich der Parabolantennen

Manche Anlagen beinhalten auch eine (oder mehrere) Parabolantenne(n). Derartige Antennen sind sowohl Sende- als auch Empfangsantennen und werden für Richtfunkanlagen eingesetzt. Hierbei handelt es sich um feste Funkverbindungen über relativ kurze Entfernungen.

Diese Parabolantennen haben eine zylindrische Form, deren Durchmesser je nach Modell zwischen 10 Zentimetern und einem Meter liegt. Sie müssen so installiert werden, dass ihre Zylinderachse möglichst horizontal liegt. In der Regel werden sie in den Dokumenten mit der Anmerkung « Richtfunk » oder « RF », manchmal auch mit « MINI-LINK » gekennzeichnet. Die Emissionsfrequenz dieser Antennen liegt über 6 GHz und ihre Strahlungsstärke liegt generell im zweistelligen mW-Bereich.

Auf Antrag der Region Brüssel-Hauptstadt wurde im Jahr 2001 vom ISSEP eine Studie⁷ über die von Parabolantennen erzeugten elektrischen Feldstärken erstellt, die den im Mobilfunk verwendeten Richtfunk erzeugen. Im Rahmen dieser Studie wurde gezeigt, dass für Parabolantennen mit einer Sendeleistung von unter 250 mW die 2 oder 3 Meter unter der Strahlachse erzeugte Feldstärke unabhängig von der Entfernung und ohne Hindernisse (d.h. im ungünstigsten Fall) nie 1 V/m übersteigt. Daraus folgt, dass eine Sendeleistung von mindestens 2,25 W benötigt wird, damit der Schwellenwert von 3 V/m im Bereich von 2 oder 3 Metern unterhalb der Strahlachse erreicht werden könnte.

⁶ Für die Beantragung des Gutachtens, das gemäß Artikel 5 des Dekrets zu erstellen ist, bzw. den Antrag auf eine Mess- und Kontrollmaßnahme.

⁷ Risikoanalyse über die Exposition durch elektrische Feldstärken, die von den für den Mobilfunk verwendeten Richtfunkfeldern ausgehen – diese Studie wurde im Auftrag der Region Brüssel-Hauptstadt erstellt - November 2001 (www.issep.be).

In Aufenthaltsräumen (im Inneren eines Gebäudes gemäß der in §2 angemerkten Definition) ist die Immission mindestens um 3 bis 10 Mal schwächer, d.h. sie beträgt weniger als 0,3 V/m, aufgrund der Reflexions- und Absorptionseigenschaften der Gebäudehülle. Da die Parabolantennen grundsätzlich deutlich höher installiert werden, als die Aufenthaltsorte der Umgebung liegen, kann davon ausgegangen werden, dass die Immission, die dort erzeugt werden könnte, im Verhältnis zu 3 V/m vernachlässigbar ist und dementsprechend keine Kontrollmessung vorgenommen werden muss.

Tabelle 2 : Antenneneigenschaften⁸

Antennen	Netz	Frequenzband (beim Senden)	Hersteller der Antenne	Antennentyp (Referenznummer des Herstellers)	Azimutrichtung ⁹ (nordorientiert)	Höhe (gemessen vom Erdboden bis zur Mitte der Antenne)	Gesamtstärke ¹⁰ (Eingangsleistung)	Elektrischer Neigungswinkel ¹¹	Mechanischer Neigungswinkel ¹¹	Anzahl der Sendefrequenzen ¹²	Frequenzen	Scrambling Code
1	GSM	925 - 960	Kathrein	80010122	90	17,7	45,7	von 0 bis -3	0	2	950,0	-
2			Kathrein	80010122	210	17,7	45,7	von 0 bis -2	0	3	948,4	-
3			Kathrein	80010122	330	17,7	45,7	von 0 bis -3	0	2	951,2	-
-	DCS	1805 - 1880	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	UMTS	2110 - 2170	Kathrein	80010122	90	17,7	45,7	von 0 bis -3	0	2	2112,6	164
8			Kathrein	80010122	210	17,7	45,7	von 0 bis -2	0	2	2112,6	96
9			Kathrein	80010122	330	17,7	45,7	von 0 bis -3	0	2	2112,6	71
-		925 - 960	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Maßeinheit:		MHz			Grad	m	W	Grad	Grad			

⁸ Die nicht ausgefüllten Tabellenfelder bedeuten, dass es keine entsprechende Antenne gibt.

⁹ Der Azimutwert 360 bedeutet, dass die Antenne in jede beliebige Richtung installiert werden kann; die Abkürzung « OMNI » zeigt an, dass es sich um eine Rundstrahlantenne handelt.

¹⁰ Die Empfangsantennen erzeugen kein signifikantes elektromagnetisches Feld.

¹¹ Ein positiver oder negativer Tiltwinkel entspricht jeweils einer Neigung nach oben oder nach unten.

¹² TRX für die GSM und DCS 1800-Netzwerke.

6. Erfassung der von der Anlage ausgestrahlten Frequenzen

Um die elektrische Feldstärke im Moment der maximalen Sendeleistung der Antennen zu bestimmen, wurden für jeden Sektor die abgestrahlten Frequenzen ermittelt. In Tabelle 3 werden die Signale detailliert bestimmt, die während der Mess- und Kontrollmaßnahmen festgestellt wurden:

- für die GSM- und DCS 1800-Antennen: die Frequenz des Kontrollkanals und die Gesamtanzahl der Trägerfrequenzen;
- für die UMTS-Antennen: die Trägerfrequenz(en).

Im Fall einer Divergenz zwischen der maximalen Anzahl der vom Betreiber angegebenen und der im Zuge der Kontrolle(n) ermittelten Trägerfrequenzen wird in die letzte Spalte der Tabellen 2 und 3 immer der jeweils höchste Wert eingesetzt. Dieser höchste Wert wird auch für die Berechnung der maximalen Feldstärke je Antenne der Tabellen 4 bis 6 verwendet. In Anbetracht der Formeln (1) und (2) führt dieser Ansatz zum höchstmöglichen Ergebnis und fördert somit die Sicherheit zusätzlich.

Tabelle 3 : Frequenz des Kontrollkanals und gesamte Anzahl der Trägerfrequenzen bei der Kontrolle

Antennen	Netz	Frequenz des Kontroll-Kanals	Anzahl der Sendefrequenzen ¹²
1	GSM	950,0	2
2		948,4	3
3		951,2	2
-	DCS	-	-
-		-	-
-		-	-
7	UMTS	2112,6	1
8		2112,6	1
9		2112,6	1
-		-	-
-		-	-
-		-	-
-		-	-
Maßeinheit:		MHz	

Beobachtungen: Keine

7.1. Direkte Messung der Feldstärke an den Aufenthaltsorten

Für den Fall, dass sich an einem LS ein Fenster befindet, das in Richtung der zu kontrollierenden Antenne weist, erfolgt die Messung der Feldstärke gemittelt - wie im Dokument [ISSeP 1658-09] beschrieben - auf einer horizontalen Oberfläche mit den Maßen 0,5 x 0,5 m², deren der Antenne am nächsten liegender Rand sich ca. 0,5 m von der Mitte des (geschlossenen) Fensters und 1,5 m über dem Boden oder dem Bodenbelag befindet. Diese Vorgehensweise ermöglicht es, die maximale Exposition im Rauminnen des LS zu messen und verringert in erheblichem Maße den Einfluss von Feldstärkenschwankungen im Raum. Hieraus ergibt sich eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisdaten.

Die Feldstärken, die effektiv direkt an den LS gemessen wurden, sind folgendermaßen in Tabelle 4 beschrieben:

- Spalte 1: Identifizierung der LS in der Abbildung 1 und ggf. deren Adresse;
- Spalte 2: Stockwerk und Örtlichkeit, an der die Messung vorgenommen wurde;
- Spalte 3: Identifizierung der Orte (mit L1, L2, L3, ... in Abbildung 1 gekennzeichnet), an denen die Messungen erfolgt sind;
- Spalte 4: gesamte Feldstärke des Frequenzbandes zwischen 75 und 3.000 MHz an dem jeweiligen LS zum Zeitpunkt der Messung. Angabe dieses Ergebnisses ist unverbindlich;
- Spalte 5: Maximale Feldstärke¹⁴ am jeweiligen LS, die von der in Spalte 6 und 7 beschriebenen Antenne ausgeht;
- Spalte 6: Netz, das dem Ergebnis der Spalte 5 entspricht (GSM, DCS, UMTS, ...);
- Spalte 7: Nummer der Antenne, für die das Ergebnis aus Spalte 5 gilt (es werden nur die Antennen angegeben, für die an dem betreffenden LS deutliche Ergebnisse festgestellt werden können).

Tabelle 4 : Feldstärke an den Aufenthaltsorten (LS)

1	2	3	4	5	6	7
LS	Stockwerk und Örtlichkeit	Ort der Messung	Feldstärke gesamt (von 75 bis 3.000 MHz)	Feldstärke gesamt pro Antenne	Netz	Antenne
Maßeinheit:	-	-	V/m	V/m	-	-
LS0 Sportzentrum, Erdgeschoss + 1 Stockwerke 53, Patronagestrasse	1. Stockwerk Sporthalle Keine Sicht auf die Antenne	L0	0,24	0,10	GSM	3
				0,07	UMTS	9

¹⁴ Maximale Feldstärke bei voller Auslastung der Trägerfrequenzen.

1	2	3	4	5	6	7
LS	Stockwerk und Örtlichkeit	Ort der Messung	Feldstärke gesamt (von 75 bis 3.000 MHz)	Feldstärke gesamt pro Antenne	Netz	Antenne
LS74 Wohnung, Erdgeschoss + 1 Stockwerke 74, Sportstrasse	1. Stockwerk Küche Direkte Sicht	L74	1,77	1,26	GSM	3
				1,40	UMTS	9
LS58 Wohnung, Erdgeschoss + 1 Stockwerke 58, Patronagestrasse	1. Stockwerk Wohnzimmer Direkte Sicht	L58	0,46	0,49	GSM	1
				0,28	UMTS	7

N.B: Die gesamte Feldstärke im Frequenzbereich zwischen 75 und 3.000 MHz beinhaltet die Feldstärke, die von der in Tabelle 1 beschriebenen Anlage sowie von sonstigen, möglicherweise vor Ort oder in der Umgebung gelegenen Anlagen ausgeht. Es handelt sich insbesondere um Feldstärken, die von Hörfunk- und Fernseh-Sendeanlagen, Mobilfunksystemen, die von den Notfalldiensten genutzt werden, vom Kommunikationsnetz TETRA, von den Mobiltelefonienetzen GSM, DCS 1800 und UMTS, vom Mobiltelefonienetz GSM R der Eisenbahn, von den schurlosen Basisstationen und Telefonen DECT sowie von den Basisstationen und tragbaren Wi-Fi-Geräten ausgehen. Wir weisen darauf hin, dass es sich um die gesamte Feldstärke zum Zeitpunkt der Messung handelt, die im Laufe der Zeit variieren kann. Sie wird nur informationshalber angegeben, weil die sich aus der Emission mehrerer Anlagen ergebende gesamte Feldstärke nicht im Dekret berücksichtigt wird.

Beobachtungen: In den Briefkästen der Wohnungen in der Sportstrasse Nr. 68 (Gebäude LS68 in der Abbildung 1) wurde zwecks Durchführung einer direkten Messung ein Schreiben hinterlegt. Leider hat keiner der Bewohner darauf reagiert. Folglich kann die Überschreitung des Immissionsgrenzwerts von 3 V/m am besagten Aufenthaltsort LS68 nicht ausgeschlossen werden.

7.2. Feldstärke an Aufenthaltsorten, die von indirekten Messungen abgeleitet werden

Feldstärkenwerte an einem LS, die aufgrund der leichten Erreichbarkeit an einem außerhalb oder in Nachbarschaft des LS gelegenen Ortes gemessen werden (mit L1, L2, L3,... in Abbildung 1 gekennzeichnet) sind folgendermaßen in der Tabelle 5 beschrieben:

- Spalte 1: Identifizierung der Orte (mit L1, L2, L3, ... in Abbildung 1 gekennzeichnet), an denen die Messungen erfolgt sind;
- Spalte 2: gesamte Feldstärke im Frequenzbereich zwischen 75 und 3.000 MHz an dem betreffenden Ort zum Zeitpunkt der Messung (siehe N.B. oben). Die Angabe dieses Ergebnisses ist unverbindlich;

- Spalte 3: die gesamte Feldstärke¹⁴ am Messort, die von der in Spalte 4 und 5 beschriebenen Antenne ausgeht;
- Spalte 4: Netz, das dem Ergebnis aus Spalte 3 entspricht (GSM, DCS, UMTS, ...);
- Spalte 5: Nummer der Antenne, auf die sich das in Spalte 3 angegebene Ergebnis bezieht (es werden nur die Antennen angegeben, für die an dem betreffenden LS deutliche Ergebnisse festgestellt werden können);
- Spalte 6: Höhe des Messortes. Wenn nicht anders angegeben, wird die Feldstärke in einer Höhe von 1,5 m vom Boden längs des Gehwegs vor oder um den LS herum gemessen. Bei Bedarf kann die Messung auch in einer Höhe von 6 m vom Boden per Teleskopmast erfolgen. Die Feldstärke kann auch in einem anderen, leichter zugänglichen Gebäude gemessen werden;
- Spalte 7: Identifizierung der LS in der Abbildung 1 und ggf. deren Adresse;
- Spalte 8: Liste der Korrekturen, um eine Bestimmung der maximalen Feldstärke am LS direkt zu ermöglichen. Diese Korrekturen werden in §4 des Dokuments [ISSEP 1658-09] beschrieben:
 - a) Abstandskorrektur;
 - b) Berücksichtigung von Hindernissen;
 - c) Korrektur der Azimutrichtung;
 - d) Korrektur des Höhenmaßes;
- Spalte 9: Summe der angewandten Korrekturen, in dB ausgedrückt;
- Spalte 10: Maximale Feldstärke pro Antenne am LS selbst.

Tabelle 5 : Indirekt gemessene, abgeleitete elektromagnetische Feldstärken an Aufenthaltsorten (LS)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Position des Messortes und Bezeichnung	Feldstärke gesamt (von 75 bis 3.000 MHz)	Max. Feldstärke pro Antenne am Messort	Netz	Antenne	Höhe des Messpunktes	LS	Art der Korrektur	Korrektur gesamt	Max. Feldstärke pro Antenne am LS
Maßeinheit:	V/m	V/m	-	-	m	-	-	dB	V/m
L5 Gehweg, vor LS5	0,52	0,55	GSM	1	-	LS5 Wohnung, Erdgeschoss + 1 Stockwerk 64, Patronagestrasse	-	-	≤ 0,55
		0,44	UMTS	7	-		-	-	≤ 0,44
L2 Gehweg, vor LS2	0,31	0,21	GSM	2	-	LS2 Wohnung, Erdgeschoss + 1 Stockwerk 42, Kahnweg	-	-	≤ 0,21
		0,10	UMTS	8	-		-	-	≤ 0,10
L1 Gehweg, vor LS1	0,41	0,38	GSM	2	-	LS1 Wohnung, Erdgeschoss + 1 Stockwerk 1, Kahnweg	-	-	≤ 0,38
		0,29	UMTS	8	-		-	-	≤ 0,29

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Position des Messortes und Bezeichnung	Feldstärke gesamt (von 75 bis 3.000 MHz)	Max. Feldstärke pro Antenne am Messort	Netz	Antenne	Höhe des Messpunktes	LS	Art der Korrektur	Korrektur gesamt	Max. Feldstärke pro Antenne am LS
L1B Gehweg, vor LS1B	0,53	0,27	GSM	2	-	LS1B Wohnung, Erdgeschoss + 1 Stockwerk 8, Kahnweg	-	-	$\leq 0,27$
		0,18	UMTS	8	-		-	-	$\leq 0,18$
L4 Gehweg, vor LS4	0,76	0,72	GSM	1	-	LS4 Wohnung, Erdgeschoss + 1 Stockwerk 12, Kahnweg	a,b,c	2,8	$\leq 0,99$
		0,18	UMTS	8	-		a,b,c	2,7	$\leq 0,25$
L9B Neben dem LS9B	0,80	0,64	GSM	2	-	LS9B Wohnung, Erdgeschoss + 1 Stockwerk	-	-	$\leq 0,64$
		0,68	UMTS	8	-		-	-	$\leq 0,68$
L10 Auf der Schwelle des 1. Stockwerk des LS10	1,05	0,73	GSM	2	-	LS10 Wohnung (Erdgeschoss) + Wohnung (1. Stockwerk)	-	-	$\leq 0,73$
		0,47	UMTS	8	-		-	-	$\leq 0,47$

Beobachtungen: Keine

7.3. Kein Aufenthaltsort in der Umgebung der Antenne

Für den Fall, dass in einem Mindestumkreis von 150 m (Distanz, über die hinaus die maximale Feldstärke pro Antenne aufgrund der in Tabelle 2 beschriebenen Merkmale prinzipiell unterhalb von 3 V/m liegt) rund um die Antenne keine Aufenthaltsorte sind, werden zu Kontrollzwecken trotzdem Messungen an den begehbaren LS durchgeführt, die in Abbildung 1 angegeben sind. Die diesbezüglichen Ergebnisse stehen in Tabelle 6. Der Inhalt der Spalten ist dem der Tabelle 4 ähnlich. Allerdings entsprechen die hier angegebenen Punkte keinen LS im Sinne des Dekrets. Insofern stellt ein Messergebnis über 3 V/m keine Verletzung des Dekrets dar.

**Tabelle 6 : Elektromagnetische Feldstärke an verschiedenen begehbaren Orten
(siehe Abbildung 1)**

1	2	3	4	5
Position des Messortes und Bezeichnung	Feldstärke gesamt (von 75 bis 3.000 MHz)	Max. Feldstärke pro Antenne	Netz	Antenne
Maßeinheit:	V/m	V/m	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

Beobachtungen: Keine

8. Schlussfolgerung

Anhand der Werte, die in der Spalte mit der Bezeichnung « Max. Feldstärke pro Antenne (...) » der Tabellen 4 bis 6 aufgeführt sind, ist festzustellen, dass bei maximaler Sendeleistung von keiner Antenne eine Strahlung ausgeht, die an einem der genannten Aufenthaltsorte eine elektromagnetische Feldstärke von über 3 V/m erzeugt.

Wir weisen darauf hin, dass in den Briefkästen der Wohnungen in der Sportstrasse Nr. 68 (Gebäude LS68 in der Abbildung 1) zwecks Durchführung einer direkten Messung ein Schreiben hinterlegt wurde. Leider hat keiner der Bewohner darauf reagiert. Folglich kann die Überschreitung des Immissionsgrenzwerts von 3 V/m am besagten Aufenthaltsort LS68 nicht ausgeschlossen werden. Abgesehen von diesem (diesen) Fall (Fällen), zu dem (denen) man sich nicht äußern kann, ergeben die Messungen der Feldstärke, dass die in den Tabellen 1 und 2 bezeichnete(n) Antenne(n) an dem (den) in Tabelle 1 aufgeführten Datum (Daten) den durch Artikel 4 des Dekrets festgelegten Immissionsgrenzwert nicht überschreitet (überschreiten).



Benjamin VATOVEZ,
Ingénieur civil physicien,
Attaché



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