

Liège, le 24 juin 2011.

**AVIS RELATIF A LA PROTECTION
CONTRE LES EVENTUELS EFFETS NOCIFS ET NUISANCES
PROVOQUES PAR LES RAYONNEMENTS NON IONISANTS
GENERES PAR DES ANTENNES EMETTRICES STATIONNAIRES**

Commune : WATERLOO - Exploitant : BELGACOM

Référence exploitant : 02QGM

Rapport n° 1065 / 2010

Table des matières.

1. Préambule	3
2. Références du site	3
3. Norme appliquée	3
4. Antennes faisant l'objet de la demande	4
5. Zone où le champ pourrait dépasser la limite d'immission	5
6. Occupation du terrain autour des antennes et respect de la limite d'immission	7
7. Cas de lieux de séjour situés à l'intérieur d'une courbe d'iso-valeur	8
8. Conclusion.....	11
ANNEXE A1.....	12

1. Préambule

Le présent document constitue l'avis visé à l'article 5 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 ».

Cet avis concerne l'installation dont l'adresse et les références sont reprises dans le tableau 1 ; il est établi à partir des caractéristiques techniques des antennes et de la description de la zone alentour fournies par l'exploitant ainsi que des résultats de mesures in situ. Les conclusions du présent avis reposent :

- sur des simulations effectuées au moyen de modèles mathématiques selon la méthode décrite dans le document intitulé : « Décret de la Région wallonne relatif à la protection contre les éventuels effets nocifs et nuisances provoqués par les rayonnements non ionisants – Méthode de calcul des immissions » – Référence ISSEP : 2962-2010 (www.issep.be);
- sur les résultats de mesures effectuées dans les lieux de séjour pour lesquels les simulations ne permettent pas de confirmer le respect ou le dépassement de la limite d'immission. Ces mesures ont été effectuées selon une procédure décrite dans le document intitulé : « Méthode de mesure des rayonnements électromagnétiques pour le contrôle des antennes émettrices en Région wallonne » – Référence ISSEP : 1658-09 (www.issep.be).

2. Références du site

Tableau 1 : Caractéristiques générales

Adresse	Chaussée de Bruxelles, 340 1410 WATERLOO (Waterloo)
Type d'implantation	Bâtiment
Exploitant	BELGACOM
Réf. du site de l'exploitant	02QGM
Mesures et contrôles effectués par	Charles Philippart, ingénieur civil électromécanicien
Date(s) des mesures et contrôles	Le 23 mai 2011 entre 9:30 et 10 h

3. Norme appliquée

L'article 4 du décret stipule que dans les lieux de séjour, l'intensité du rayonnement électromagnétique générée 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.

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

- 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 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 : 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).

4. Antennes faisant l'objet de la demande

L'évaluation concerne toutes les antennes qui émettent un rayonnement électromagnétique dans la gamme de fréquences visée par le décret et qui est comprise entre 100 kHz et 300 GHz.

N.B. :

- a) signalons que des antennes réceptrices (parfois identifiées par l'abréviation « Rx » suivie de chiffres ou « GPS ») sont souvent mentionnées dans des documents joints à la déclaration (par exemple pour l'obtention d'un permis d'urbanisme). De telles antennes ne génèrent aucun rayonnement électromagnétique significatif (entre 100 kHz et 300 GHz) et il n'y a donc pas lieu de les prendre en compte ;*
- b) lorsque la déclaration mentionne également des antennes paraboliques utilisées pour établir des liaisons de type « faisceaux hertziens », celles-ci font l'objet d'un avis séparé.*

Le tableau 2 reprend les caractéristiques des antennes communiquées par l'opérateur. La PIRE maximale de ces antennes émettrices stationnaires est comprise entre 4 W et 500 kW et, en vertu de l'article 3 du décret, elles sont soumises à déclaration au sens du décret du 11 mars 1999 relatif au permis d'environnement.

Précisons qu'une valeur d'azimut égale à 360 signifie que le demandeur ne spécifie par la direction dans laquelle l'antenne sera effectivement installée. Le cas échéant, l'analyse au paragraphe 6 tient compte cette possibilité laissée aux demandeurs.

Le demandeur doit toutefois veiller à ce que les azimuts des différentes antennes utilisées pour émettre les signaux d'un même réseau soient suffisamment écartés de telle sorte que ces antennes ne puissent être considérées comme couvrant la même zone géographique. Si cette condition n'était pas satisfaite, elles devaient être considérées, selon l'article 4 du décret comme ne formant qu'une seule antenne.

Tableau 2 : Caractéristiques des antennes¹

Antennes	Réseau	Bande de fréquences (en émission)	Constructeur de l'antenne	Type d'antenne (numéro de référence constructeur)	Azimu ² (par rapport au nord)	Hauteur du milieu de l'antenne au-dessus du sol	Puissance totale (à l'entrée de l'antenne) ³	Angle de tilt ⁴ électrique	Angle de tilt ⁴ mécanique	Nombre de fréquences d'émission ⁵
1	GSM	925 à 960	Kathrein	738449	0	8,30	4,68	0	0	2
2			-	-	-	-	-	-	-	
3			-	-	-	-	-	-	-	
4	DCS	1805 à 1880	-	-	-	-	-	-	-	-
5			-	-	-	-	-	-	-	
6			-	-	-	-	-	-	-	
7	UMTS	2110 à 2170	-	-	-	-	-	-	-	-
8			-	-	-	-	-	-	-	
9			-	-	-	-	-	-	-	
Unités :		MHz			degrés	m	W	degrés	degrés	

5. Zone où le champ pourrait dépasser la limite d'immission

Le contour de la zone où l'immission produite par chaque antenne pourrait dépasser 3 V/m est déterminé par le tracé de la courbe d'iso-valeur correspondant à cette limite.

Une courbe d'iso-valeur est une courbe le long de laquelle le champ présente une intensité constante. La figure 1 représente une telle courbe dans un plan vertical contenant le point milieu de l'antenne. Si elle correspond à la limite d'immission de 3 V/m, l'intensité du champ est :

- supérieure à 3 V/m à l'intérieur de la courbe (sauf si des obstacles atténuent le champ);
- égale à 3 V/m le long de la courbe (sauf si des obstacles atténuent le champ);
- inférieure à 3 V/m à l'extérieur de la courbe.

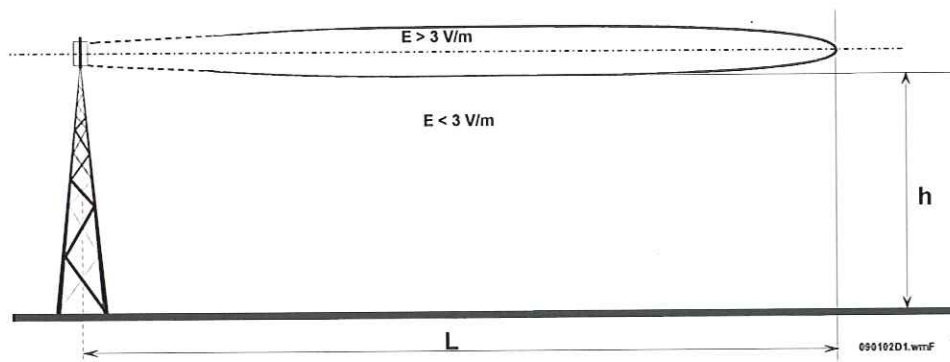


Figure 1 : Forme générale d'une courbe d'iso-valeur et définition de L et h

¹ Les cellules du tableau non complétées indiquent qu'il n'y a pas d'antenne correspondante.

² 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.

³ Les antennes réceptrices ne génèrent aucun rayonnement électromagnétique significatif.

⁴ Un tilt positif ou négatif correspond respectivement à une inclinaison vers le haut ou vers le bas.

⁵ TRX pour les réseaux GSM 900 et DCS 1800.

De telles courbes ont été tracées, pour chaque antenne faisant l'objet de la demande de permis, en considérant :

- les caractéristiques techniques reprises dans le tableau 2;
- la direction où l'intensité du rayonnement est maximale, c'est-à-dire l'azimut renseigné au tableau 2 (bissectrice du secteur);
- la puissance émise lorsque l'installation fonctionne à pleine charge ;
- une atténuation d'obstacle de 3 dB pour les lieux de séjour à l'intérieur des bâtiments. Précisons que l'atténuation due à l'enveloppe des bâtiments est généralement bien supérieure à 3 dB (ce qui correspond à une réduction du champ de 30%). Cette valeur permet d'éviter toute sous-estimation par rapport aux champs réels.

Les courbes d'iso-valeur correspondant aux différentes antennes sont jointes en annexe⁶; le tableau 3 reprend, pour chacune :

- le numéro de l'annexe;
- le numéro de l'antenne (comme renseigné dans le tableau 2);
- l'azimut, par rapport au nord, auquel l'iso-valeur se rapporte;
- la distance maximale L où le champ de 3 V/m est atteint (longueur de l'iso-valeur selon figure 1);
- la hauteur minimale h où le seuil de 3 V/m est atteint, mesurée par rapport au niveau du sol sous les antennes (selon figure 1)⁷.

**Tableau 3 : Liste des iso-valeurs correspondant au seuil de 3 V/m
pour les différentes antennes dans la direction
où l'intensité du rayonnement est maximale
(Longueur L et hauteur h selon figure 1)**

N° annexe	N° antenne	Azimut	L(m)	h(m)
A1	1	0°	3,5	6,3

***N.B. :** Le tracé des courbes d'iso-valeur a été établi au moyen d'un logiciel développé par l'ISSEP; ce logiciel détermine l'intensité du champ électromagnétique au moyen de la formule dite « du champ éloigné » qui est le modèle de prédiction préconisé lorsqu'on se trouve à une distance supérieure à $0,5 D^2/\lambda$, où D représente la plus grande dimension (en m) de l'antenne dans la direction perpendiculaire à la direction du rayonnement (en fait, D est la plus grande dimension de l'antenne « vue » depuis le point considéré) et λ est la longueur d'onde du signal rayonné.*

La distance $0,5 D^2/\lambda$ doit donc être considérée comme la limite au-delà de laquelle la formule du champ éloigné fournit une bonne précision; pour la plupart des antennes utilisées en téléphonie mobile, cette distance est comprise entre 2 et 10 m dans la direction horizontale. Dans la direction verticale (c'est-à-dire en dessous) la distance $0,5 D^2/\lambda$ devient très courte puisque l'antenne y est « vue » sous un angle tel que D devient très petite. En fait, lorsque l'on se trouve sous l'antenne, la plus grande dimension est sa largeur (environ 20 cm pour la plupart des antennes de téléphonie mobile, d'où, $0,5 D^2/\lambda$ ne vaut plus que quelques cm). En pratique, le contour de l'iso-valeur se trouve donc généralement dans la zone où le modèle de prédiction fournit une bonne précision.

En deçà de la distance $0,5 D^2/\lambda$, il est couramment admis que la formule du champ éloigné fournit, globalement, une estimation du champ moyen⁸ qui est supérieure à la valeur réelle jusqu'à une

⁶ Si le type d'une antenne repris en annexe diffère de celui renseigné dans le tableau 2, les diagrammes correspondants sont toutefois identiques.

⁷ Lorsque plusieurs diagrammes de rayonnement existent pour une antenne, le calcul est basé sur ceux qui conduisent à la distance L la plus grande et la hauteur h la plus petite.

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

distance de l'ordre de quelques longueurs d'onde. Notons qu'une surestimation par rapport à la valeur réelle est acceptable puisqu'elle va dans le sens de la sécurité.

6. Occupation du terrain autour des antennes et respect de la limite d'immission

Considérons les trois cas suivants :

- a) les lieux de séjour⁹ se trouvant à une distance de l'antenne supérieure à 3,5 m : ces lieux se trouvent obligatoirement à l'extérieur d'une courbe d'iso-valeur, y compris dans le cas où les azimuts des antennes ne sont pas spécifiés¹⁰ dans le tableau 2 ou s'il s'agit d'antennes omnidirectionnelles;
- b) les lieux de séjour situés à une hauteur¹¹ inférieure à 6,3 m : ces lieux se trouvent également à l'extérieur d'une courbe d'iso-valeur, y compris dans le cas où les azimuts des antennes ne sont pas spécifiés dans le tableau 2 ou s'il s'agit d'antennes omnidirectionnelles;
- c) lorsque des lieux de séjour sont situés à une distance inférieure à 3,5 m et à une hauteur supérieure à 6,3 m : il a été vérifié qu'ils se trouvent effectivement à l'extérieur des courbes d'iso-valeur correspondante aux directions de ces lieux. Lorsque l'azimut d'une antenne est renseigné avec une valeur égale à 360° ou s'il s'agit d'une antenne omnidirectionnelle, il est considéré qu'elle peut être orientée dans n'importe quelle direction et la vérification a été effectuée en considérant toujours la courbe d'iso-valeur dans la direction où le rayonnement est maximum.

Chaque antenne figurant dans la déclaration produit, en tout point situé à l'extérieur de la courbe d'iso-valeur, un champ inférieur à 3 V/m lorsqu'elle émet la puissance maximale.

Etant donné la décroissance rapide du champ lorsqu'on s'éloigne de la courbe d'iso-valeur (c'est-à-dire à une hauteur inférieure à h ou à une distance supérieure à L), le champ à l'extérieur des courbes d'iso-valeur est en général nettement inférieur à 3 V/m dans les lieux de séjour.

Rappelons que la limite d'immission de 3 V/m fixée par le décret est une valeur efficace moyenne calculée et mesurée durant une période quelconque de 6 minutes. Les courbes d'iso-valeur ayant été tracées en prenant en compte la puissance maximale, elles délimitent un volume plus grand que celui qui correspond à l'immission moyenne sur toute période de 6 minutes.

Les antennes stationnaires dont les caractéristiques techniques sont résumées dans le tableau 2 respectent la limite d'immission fixée par le décret en tout point situé en dehors de la courbe d'iso-valeur établie pour la direction correspondant à ce point. Il va de soi que cette limite est également respectée si les conditions réelles d'exploitation donnent de toute évidence lieu à des immissions inférieures à celles découlant des données du tableau 2.

D'autre part, le champ généré par chacune des antennes est, en tout point, toujours inférieur à 3 V/m à 1,5 m du sol dans les éventuelles places de jeux (publiques ou privées) situées alentour des antennes.

***N.B. :** Lorsque des antennes sont installées sur un toit constitué d'une plate-forme en béton, de nombreuses mesures ont montré que les champs sont tout à fait négligeables dans les locaux situés*

⁸ Champ moyen calculé sur une distance de quelques longueurs d'onde.

⁹ Il s'agit des lieux de séjour tels que définis par le décret.

¹⁰ C'est-à-dire lorsque la valeur 360 figure dans la colonne azimut du tableau 2.

¹¹ La hauteur du lieu est donnée par rapport à la même référence que celle utilisée pour exprimer la hauteur des antennes; c'est généralement le niveau du sol sous les antennes. Rappelons que, selon le décret, l'intensité du champ dans les lieux de séjour doit être prise en compte aux niveaux suivants :

- locaux : 1,50 m au-dessus du niveau du plancher ;
- places de jeux : 1,50 m au-dessus du sol.

sous le toit; ce phénomène s'explique par l'atténuation due au béton et par la directivité des antennes (il n'y a qu'une faible fraction du rayonnement qui est dirigée vers le bas).

7. Cas de lieux de séjour situés à l'intérieur d'une courbe d'iso-valeur

Les lieux de séjour repris dans le tableau 4 se trouvent à l'intérieur d'une courbe d'iso-valeur. Il a été précisé, au §5, que les courbes d'iso-valeur étaient calculées en tenant compte d'une atténuation d'obstacle de 3 dB. Le fait qu'un lieu soit situé à l'intérieur d'une courbe d'iso-valeur n'implique pas nécessairement que le champ y soit supérieur à 3 V/m, car il est possible que les éventuels obstacles produisent une atténuation nettement plus élevée que 3 dB. Les considérations exposées au §6 ne permettent pas de conclure et des mesures in situ sont nécessaires pour confirmer le respect ou le dépassement de la limite d'immission. De telles mesures ne sont évidemment possibles que si les antennes sont déjà installées et mises en service.

La figure 2 représente¹² la zone autour de l'antenne avec l'indication des lieux de séjours du tableau 4. Les indications L1, L2, L3, etc. indiquent les endroits où les mesures ont été prises.

Comme précisé dans le document [ISSeP 1658-09], si un lieu de séjour 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 lieu et réduit fortement l'influence des variations du champ dans l'espace, d'où une meilleure reproductibilité des résultats.

Les mesures ont été effectuées à la date mentionnée dans le tableau 1.

¹² La figure doit permettre une localisation approximative des lieux de mesures. L'échelle n'est pas nécessairement exacte.

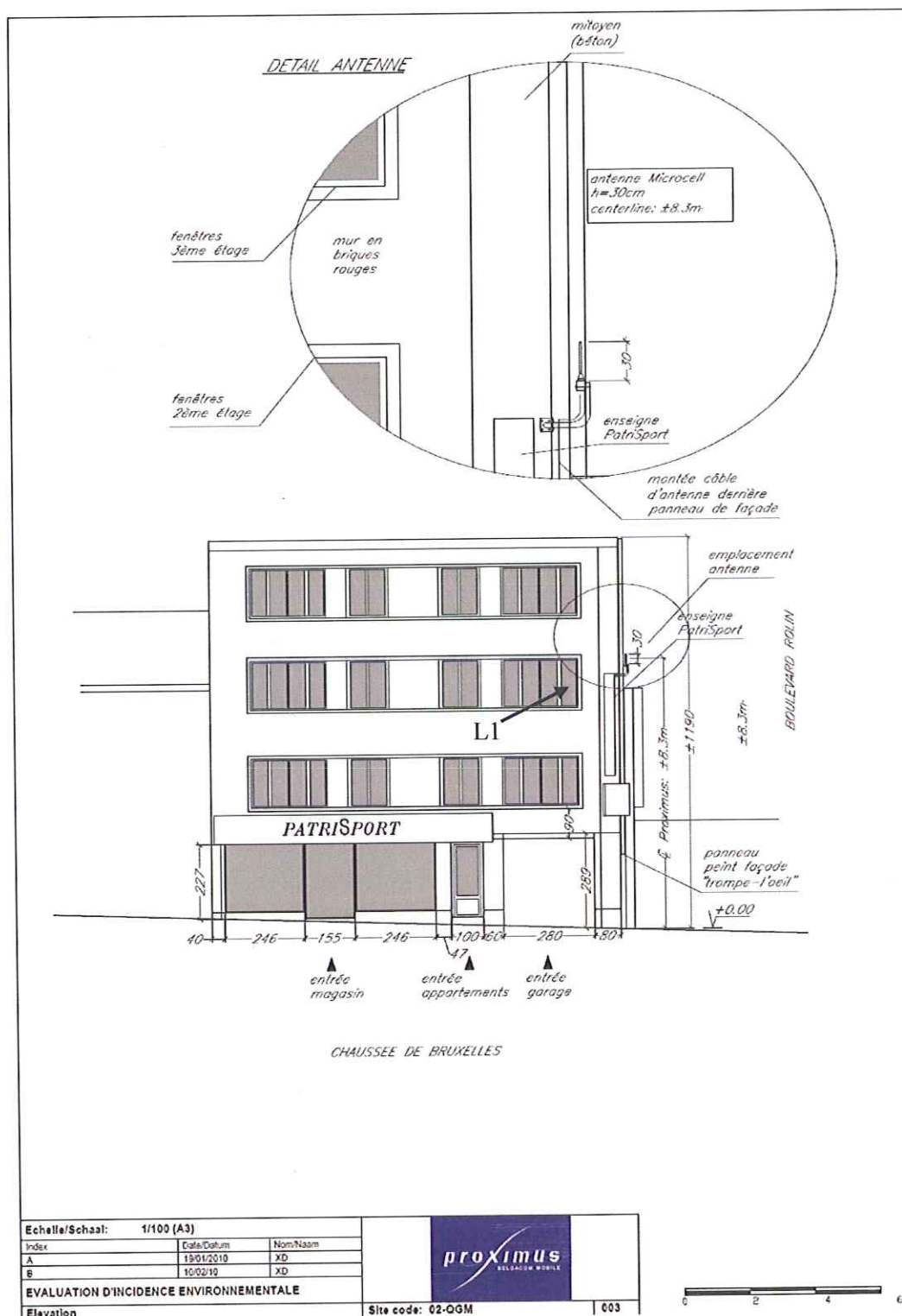


Figure 2 : Localisation des antennes et des lieux de mesure.

Les intensités de rayonnement effectivement mesurées sont résumées dans le tableau 4 de la manière suivante :

- colonne 1 : identification des lieux de séjour sur la figure 2 et éventuellement leur adresse;

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

- 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 2) 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 maximum¹³ dans ce lieu de séjour 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 lieu de séjour).

Tableau 4 : Champ électromagnétique dans les lieux de séjour

1	2	3	4	5	6	7
Lieu de séjour	Étage et local	Lieux de mesure	Champ total (de 75 à 3.000 MHz)	Champ maximum par antenne	Réseau	Antenne
unités :	-	-	V/m	V/m	-	-
Immeuble d'appartements et commerce 340, Chaussée de Bruxelles	2 ^{ème} étage Appartement	L1	0,93	1,16	GSM	1

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.*

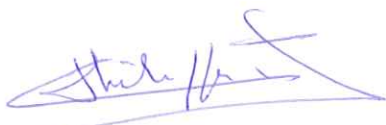
Observations : Néant.

Les mesures de champ indiquent qu'aucune antenne ne produisait, dans un lieu de séjour repris dans le tableau 4, un rayonnement électromagnétique maximum supérieur à 3 V/m.

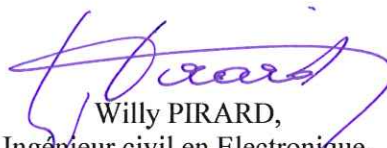
¹³ Champ maximum lorsque toutes les porteuses émettent à pleine puissance.

8. Conclusion

En conclusion, à la date mentionnée dans le tableau 1, les antennes stationnaires de l'installation référencée dans le tableau 1 et dont les caractéristiques techniques sont résumées dans le tableau 2 **respectent la limite d'immission** fixée à l'article 4 du 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.



Charles PHILIPPART,
Ingénieur civil électromécanicien,
Attaché.



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

ANNEXE A1

ANTENNE N° 1 - Azimut 0°

