



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 30 juin 2017.

**RAPPORT DE RECEPTION ET DE CONTROLE
D'EMETTEURS D'ONDES ELECTROMAGNETIQUES
Station « D0511 MOESTROFF » - TANGO**

Rapport n° 2890 / 2017

TABLE DES MATIERES

1. Préambule	3
2. Identification des émetteurs d'ondes électromagnétiques	3
3. Rappel de la norme d'exposition.....	4
4. Date et conditions des mesures et contrôles	4
5. Procédure de contrôle et de mesure.....	4
6. Equipements utilisés.....	7
7. Caractéristiques mentionnées par l'opérateur	7
8. Caractéristiques communes des antennes de téléphonie mobile	8
9. Détection des fréquences rayonnées par l'installation	8
10. Plan en coupe verticale avec courbe d'isovaleur à 3 V/m	9
11. Champ électromagnétique aux alentours des antennes	10
12. Conclusions	11
ANNEXE A	12
<i>ANTENNE N° 1 – LTE 800 – OMNI</i>	<i>12</i>
<i>ANTENNE N° 1 – GSM – OMNI.....</i>	<i>12</i>
<i>ANTENNE N° 1 – UMTS – OMNI.....</i>	<i>13</i>

1. Préambule

Le présent document constitue le rapport de réception et de contrôle des émetteurs d'ondes électromagnétiques identifiés dans le tableau 1. Cette réception et ce contrôle ont été réalisés par l'ISSeP¹ conformément aux prescriptions de l'Inspection du Travail et des Mines du Grand-Duché de Luxembourg reprises dans le document intitulé : « Conditions d'exploitation pour les émetteurs d'ondes électromagnétiques à haute fréquence » et portant la référence ITM-SST 1105.1 (ancien ITM-CL 179).

2. Identification des émetteurs d'ondes électromagnétiques

Tableau 1 : Identification des émetteurs d'ondes électromagnétiques

Emplacement	Rue de la Gare 9382 MOESTROFF
Section cadastrale	B de MOESTROFF
Numéro cadastral	291 / 293
Type d'installation	GSM, UMTS, LTE
Opérateur	Tango
Code site opérateur	D0511 MOESTROFF
N° arrêté ministériel	3/16/0098



Figure 1 : Vue du site

¹ Agrément N° OA/2017/059 délivré par le Ministre de l'Environnement du Grand-Duché de Luxembourg.

3. Rappel de la norme d'exposition

En ce qui concerne les stations émettrices de mobilophonie (GSM, DCS 1800, UMTS et LTE), l'article 4 du document ITM-SST 1105.1 impose que les antennes soient installées de façon à garantir, en tout lieu où peuvent séjourner des personnes (LS), un champ électromagnétique ≤ 3 V/m par élément rayonnant.

Exceptionnellement, dans le cas où plusieurs éléments rayonnent dans la même direction, la valeur maximale autorisée du champ électromagnétique de l'ensemble des éléments orientés dans la même direction se calcule par la formule

$$E_{\max} \left(\frac{V}{m} \right) = 3 \cdot \sqrt{n} \quad (1)$$

dans laquelle n est le nombre d'éléments rayonnant dans la même direction.

4. Date et conditions des mesures et contrôles

Le tableau 2 fournit le nom de la personne qui a effectué les mesures et la date de celles-ci.

Tableau 2 - Nom des personnes et date des mesures et contrôles

Nom des personnes et diplômes	Amélie JACQUES Ingénieur Industriel en Electronique. Benjamin VATOVEZ Ingénieur civil physicien.
Date des mesures et contrôles	28 juin 2017
Approbation de l'Administration de l'environnement	Courriel du 24 mai 2017 de Monsieur Fernand MULLER - Chargé de gestion dirigeant

Le tableau 3 fournit les conditions météorologiques lors des mesures ainsi qu'une brève description de l'environnement.

Tableau 3 – Environnement et conditions météorologiques

Type de zone:	Urbaine	<input type="checkbox"/>	Conditions au sol au moment des mesures:	Sec	<input type="checkbox"/>
	Semi-urbaine	<input type="checkbox"/>		Humide	<input checked="" type="checkbox"/>
	Rurale	<input checked="" type="checkbox"/>		Enneigé	<input type="checkbox"/>
	Industrielle	<input type="checkbox"/>			
Température:	17 °C		Humidité :	94 %	
Topographie de la zone :	Terrain vallonné		Objets conducteurs dans la zone:	Non pertinent aux fréquences utilisées en téléphonie mobile ²	

5. Procédure de contrôle et de mesure

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

[ISSeP 1709-09] Méthode de mesure des rayonnements électromagnétiques pour la réception et le contrôle d'émetteurs d'ondes au Grand-Duché de Luxembourg (www.issep.be)

² A ces fréquences, le sol et les murs réfléchissent une part importante du rayonnement et agissent également comme des sources secondaires.

L'objectif des contrôles et mesures est de vérifier que les antennes constituant l'installation référencée dans le tableau 1 respectent la limite d'immission fixée à l'article 4 du document ITM-CL 179.4. 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. La hauteur des LS les plus élevés ainsi que celle des antennes est mesurée au moyen d'un télémètre laser et 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 1709-09]. 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

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

- 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

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

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

$$E_{\max} = E_{\text{BCCH}} \cdot \sqrt{NP} \quad (3)$$

- 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

$$E_{\max} = E_{\text{CPICH}} \cdot \sqrt{10} \quad (4)$$

- dans le cas du réseau LTE, le champ correspondant au maximum de la puissance est déduit des mesures des signaux de référence RS⁶. Ce champ maximum est déduit de la formule ci-dessous où la valeur du facteur d'extrapolation K dépend de la largeur de bande du signal (CBW⁷). Les différentes valeurs possibles de K sont données dans le tableau 4.

$$E_{\max} = E_{\text{RS Max}} \cdot \sqrt{K} \quad (5)$$

Tableau 4 – Facteur d'extrapolation

CBW (MHz)	K
1,4	72
3	180
5	300
10	600
15	900
20	1200

Cette méthode considère que chaque élément du signal est émis à la même puissance, ce qui peut parfois conduire à une surestimation du champ maximum.

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, à l'endroit considéré, 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 d'environ 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 possible 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 : « $E_{\text{LS}} \leq x \text{ V/m}$ »), ce qui signifie, qu'en pratique, le champ réel pourrait être nettement inférieur à la valeur mentionnée. Comme expliqué dans le document [ISSeP 1709-09], 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.

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

⁶ RS est l'abréviation de « *Reference signal* ».

⁷ CBW est l'abréviation de « *Channel Bandwidth* ».

6. Equipements utilisés

Les équipements utilisés comprennent notamment :

- un mesureur sélectif de champ (« Selective Radiation Meter ») NARDA de type SRM 3006 couvrant la bande comprise entre 9 kHz et 6 000 MHz;
- une sonde triaxiale (« Three-Axis-Antenna, E Field ») NARDA de type P/N 3501/03 couvrant la bande comprise entre 27 et 3 000 MHz.

Le mesureur de champ NARDA - 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.

7. Caractéristiques mentionnées par l'opérateur

Le tableau 5 reprend les caractéristiques des émetteurs qui ont une influence sur l'intensité du champ électromagnétique dans la zone alentour ; ces caractéristiques sont celles mentionnées par l'opérateur dans sa demande d'autorisation⁸ ou celles qu'il nous a fournies.

Tableau 5 - Caractéristiques mentionnées par l'opérateur dans sa demande d'autorisation

Antennes	Réseau		Bande de fréquences (en émission)	Azimut (par rapport au Nord)	Hauteur du milieu de l'antenne au-dessus du sol	Constructeur de l'antenne	Type d'antenne (numéro de référence constructeur)	Angle de tilt ⁹ mécanique	Angle de tilt électrique	Gain maximum	Puissance à l'entrée de l'antenne
1	LTE 800	A	791 à 821	OMNI	20,6	Kathrein	80010847	0	0	2,2	45,39
1		B		OMNI	20,6	Kathrein	80010847	0	0	2,2	45,39
1	GSM		925 à 960	OMNI	22,0	Kathrein	80010274	0	0	9,0	60,53
1	UMTS		2110 à 2200	OMNI	22,0	Kathrein	80010274	0	0	10,0	51,76
Unités :			MHz	°	m			°	°		W

⁸ Demande d'autorisation d'exploitation conformément à la loi du 10 juin 1999 relative aux établissements classés.

⁹ Un tilt positif ou négatif correspond respectivement à une inclinaison vers le haut ou vers le bas.

Observations : Néant.

La hauteur du milieu des antennes a été mesurée au moyen d'un télémètre laser. Chaque azimut (ou le caractère omnidirectionnel) a fait l'objet d'un contrôle visuel. Aucune divergence pouvant avoir une influence significative sur l'exposition des riverains n'a été constatée.

8. Caractéristiques communes des antennes de téléphonie mobile

Les antennes utilisées dans les réseaux de téléphonie GSM, DCS 1800, UMTS et LTE présentent les caractéristiques reprises dans le tableau 6.

Tableau 6 - Caractéristiques communes des antennes de téléphonie mobile

Caractéristiques	GSM 900 et DCS 1800	UMTS	LTE
heures d'exploitation	permanente		
modulation	Gaussian Minimum Shift Keying	Quadrature Phase Shift Keying	Orthogonal frequency division multiple access
largeur d'impulsion	577 μ s	non pertinent pour les signaux FDD ¹⁰	
fréquence de répétition des impulsions	217 Hz	non pertinent pour les signaux FDD	
polarisation	généralement verticale, mais parfois inclinée à 45°		+45° et -45° (MIMO ¹¹)

9. Détection des fréquences rayonnées par l'installation

Afin de déterminer le champ présent lorsque les antennes émettent au maximum de leur puissance, une détection des fréquences émises dans chaque secteur a été effectuée. Le tableau 7 détaille les signaux présents lors de la réception :

- 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) ;
- pour les antennes LTE : la (ou les) fréquence(s) de la (ou des) porteuse(s), la largeur de bande du signal (CBW¹²) et le Cell ID.

¹⁰ Frequency division duplexing.

¹¹ Multiple input multiple output.

¹² Channel bandwidth.

Tableau 7 : Fréquence du canal de contrôle et nombre total de porteuses lors du contrôle

Antennes	Réseau	Fréquence du canal de contrôle	Nombres de fréquences	BW	Scrambling code ou Cell ID ¹³
1	LTE 800	806,0	1	10	375
1	GSM	959,2	1	0,2	-
1	UMTS	2142,4	1	5	107
Unités :		MHz		MHz	

Observations : Néant

10. Plan en coupe verticale avec courbe d'isovaleur à 3 V/m

L'annexe A comprend la (les) courbe(s) d'isovaleur à 3 V/m dans le plan vertical de l'azimut de chacune des antennes (il n'y a qu'une seule courbe indépendante de l'azimut s'il s'agit d'une antenne omnidirectionnelle). Les courbes d'isovaleur sont établies à partir des données du tableau 5 et au moyen du logiciel FSC¹⁴. Lorsque les angles de tilt (mécanique et électrique) ne sont pas mentionnés dans l'arrêté ministériel ou dans la demande d'autorisation de l'opérateur, ces courbes d'isovaleur sont calculées en considérant un angle de tilt total (mécanique + électrique) de 0°. Les LS situés sous chaque courbe d'isovaleur sont également mentionnés et leurs positions sont signalées par des flèches. Les flèches en traits pointillés indiquent que le LS correspondant se trouve dans une direction sensiblement différente de celle de l'azimut de l'antenne. Lorsque le sommet d'un LS représenté par une flèche en pointillé se trouve à l'intérieur d'une courbe d'isovaleur, une courbe correspondant à la direction de ce LS est également jointe avec indication de l'angle d'azimut.

Afin de tenir compte du relief du terrain, la hauteur du sommet des LS est mesurée en prenant comme référence le niveau du sol sous les antennes.

¹³ En UMTS et LTE, le "scrambling code" et le « Cell ID » respectivement permettent de distinguer les différents secteurs.

¹⁴ Logiciel agréé par l'Administration de l'Environnement du Grand-Duché de Luxembourg.

11. Champ électromagnétique aux alentours des antennes



Figure 2 : Photo des antennes



Figure 3 : Plan de la zone autour de l'antenne.

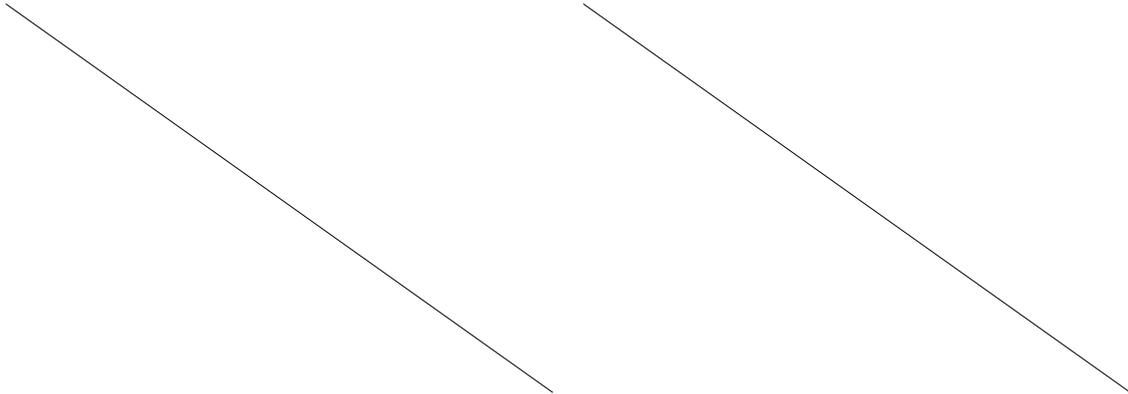
La figure 3 représente la vue en plan¹⁵ de la zone autour de l'antenne. Les LS les plus proches se trouvent à une distance telle que la mesure du champ électromagnétique ne se justifie pas.

¹⁵ La figure doit permettre une localisation approximative des LS et les lieux de mesures. L'échelle n'est pas nécessairement exacte.

12. Conclusions

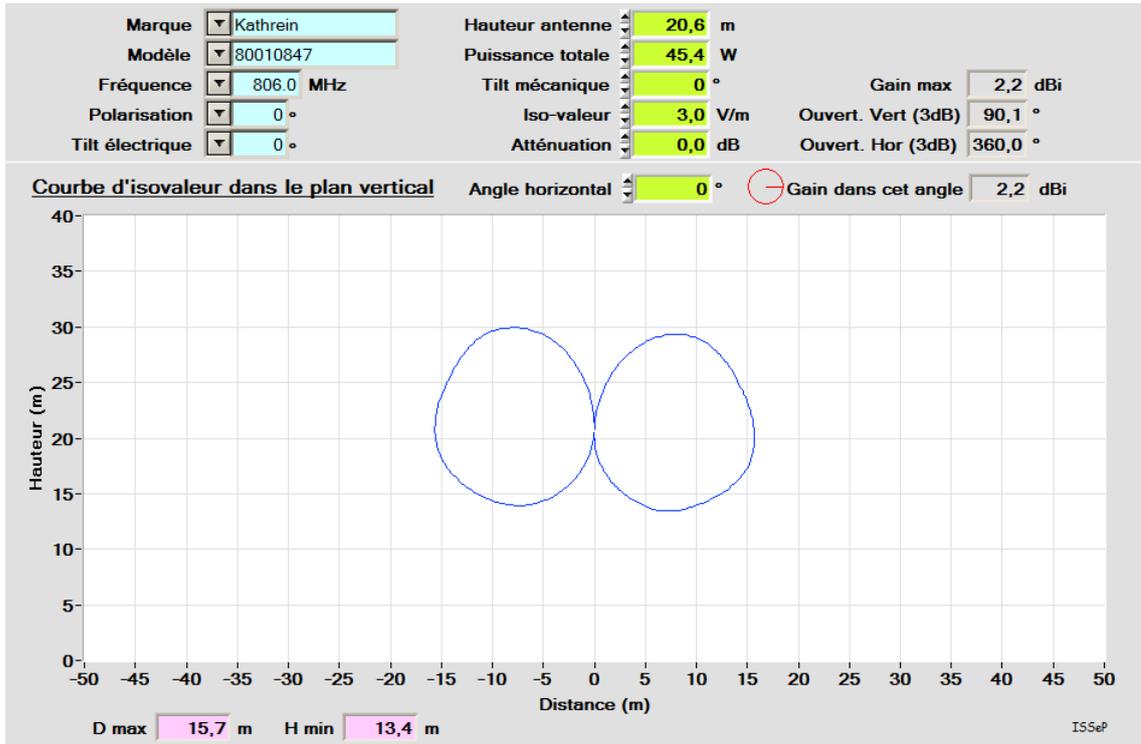
Le contrôle visuel de la hauteur et de l'azimut (ou le caractère omnidirectionnel) des antennes n'a révélé aucune divergence pouvant entraîner une augmentation du champ électromagnétique dans les lieux où peuvent séjourner des personnes.

Les contrôles effectués in situ ont confirmé que les lieux les plus proches où des personnes peuvent séjourner se trouvent à une distance telle qu'aucun des éléments rayonnants mentionnés dans le tableau 5 ne peut y produire un champ électromagnétique maximum supérieur à 3 V/m. Par conséquent, ces éléments satisfont à l'article 4 du document ITM-SST 1105.1.

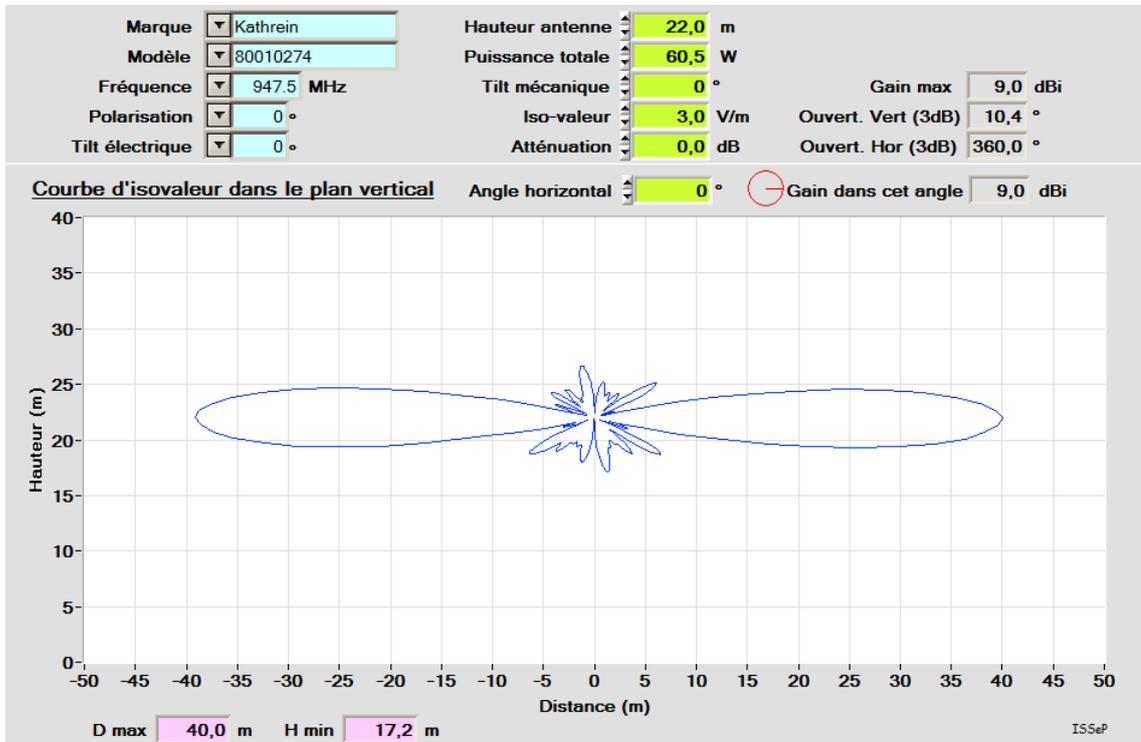


ANNEXE A

ANTENNE N° 1 – LTE 800 – OMNI



ANTENNE N° 1 – GSM – OMNI



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

ANTENNE N° 1 – UMTS – OMNI

