



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 mai 2013.

**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 : PHILIPPEVILLE - Exploitant : KPN GROUP BELGIUM  
Référence exploitant : NR1143B**

Rapport n° 2164 / 2013

## Table des matières.

<b>1.</b>	<b>Préambule .....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Références du site .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>Norme appliquée .....</b>	<b>3</b>
<b>4.</b>	<b>Antennes faisant l'objet de la demande .....</b>	<b>6</b>
<b>5.</b>	<b>Zone où le champ pourrait dépasser la limite d'immission .....</b>	<b>8</b>
<b>6.</b>	<b>Occupation du terrain autour des antennes et respect de la limite d'immission .....</b>	<b>9</b>
<b>7.</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>11</b>
	ANNEXE A1.....	12
	ANNEXE A2.....	13
	ANNEXE A3.....	14
	ANNEXE A4.....	15
	ANNEXE A5.....	16
	ANNEXE A6.....	17

## 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. La déclaration étant introduite avant la construction de l'installation (sauf pour celles mises en service avant l'entrée en vigueur du décret), les conclusions du présent avis reposent sur des simulations effectuées au moyen de modèles mathématiques selon une procédure décrite dans le document intitulé : « Méthode de calcul des immissions dans le cadre du décret de la Région wallonne relatif à la protection contre les éventuels effets nocifs et nuisances provoqués par les rayonnements non ionisants » (disponible à l'adresse [www.issep.be](http://www.issep.be)).

## 2. Références du site

**Tableau 1 : Caractéristiques générales**

Adresse	<b>Lieu-dit " Pourri Ri " Rue de Mariembourg 5600 PHILIPPEVILLE (Neuville (Philippeville))</b>
Type d'implantation	<b>Pylône</b>
Exploitant	<b>KPN GROUP BELGIUM</b>
Réf. du site de l'exploitant	<b>NR1143B</b>

## 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.
- 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 ;

---

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

- 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).

**Remarque** : Les commentaires des articles du décret (v. not. Doc., P.W., 2008-2009, n°941/1, pp.3 à 5, sp. p.4) nous éclairent sur les raisons qui ont conduit le législateur à opter pour une faible limite d'immission par antenne plutôt que pour une limite d'immission globale, ce qui aurait impliqué, dans les cas d'exposition aux rayonnements de plusieurs antennes, la prise en compte d'un cumul d'immissions.

Dans les commentaires relatifs à l'article 4, on peut lire : « Une limite d'immission globale couvrant une très large bande de fréquences (de 100 kHz à 300 GHz) est impossible à contrôler. C'est pourquoi le calcul et le mesurage de l'intensité du champ électromagnétique de toute antenne émettrice stationnaire dont la PIRE maximale est supérieure à 4 W excluent les champs électromagnétiques générés par d'autres sources. En effet, dès lors que les cas d'exposition à plusieurs sources sont fréquents, le dépassement de l'intensité maximale peut résulter de l'ajout d'une installation ou bien d'une modification, même mineure, d'une installation existante (par exemple, un changement de l'inclinaison du faisceau) située, le cas échéant, sur un autre support. Dans une telle hypothèse, le contrôle tant a priori qu'a posteriori s'avère impossible à mener en pratique. De même, la responsabilité de l'auteur du dépassement est tout autant impossible à établir. Afin d'obvier ces écueils, il s'indique de prévoir une limite d'immission s'appliquant à un objet clairement identifiable. »

On notera que le législateur s'est également soucié du niveau que pourrait atteindre l'immission cumulée dans les cas d'exposition aux rayonnements de plusieurs antennes puisque les commentaires de l'article 4 mentionnent que : « Une question légitime est de savoir à combien pourrait s'élever l'immission totale lorsqu'il y a recouvrement des immissions de plusieurs antennes dont aucune ne produit jamais plus de 3 V/m. [...] En conséquence, compte tenu de ces particularités, la fixation d'une limite d'immission de 3 V/m par antenne permet de garantir que la moyenne de l'immission cumulée, par exemple sur une durée de 24 heures, ne dépasse guère quelques V/m, même dans les lieux de séjour exposés à plusieurs antennes. [...] Dans tous les cas, l'immission cumulée reste très faible au regard des limites préconisées par l'ICNIRP, qui sont appuyées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Ces limites ont été adoptées dans la majorité des normes nationales (Allemagne, Autriche, France, Espagne, Portugal, Pays-Bas, Grande-Bretagne, Suède, USA, Japon, Canada, ...) ainsi que dans la recommandation du Conseil de l'Union européenne (1999). Les limites préconisées par l'ICNIRP varient entre 87 et 28 V/m selon la fréquence. La limite d'immission de 3 V/m par antenne et indépendamment de la fréquence est donc entre 87 (28/3 élevé au carré) et 841 (87/3 élevé au carré) plus faible que ce que préconisent l'ICNIRP et l'OMS. En conclusion, la fixation d'une limite d'immission de 3 V/m par antenne garantit donc une immission cumulée moyenne faible si on la compare aux recommandations des instances sanitaires internationales. »

Les effets cumulés des différentes sources d'émission contrôlables ont été pris en considération dans l'analyse qui précède, par application de la norme d'immission de l'article 4 du décret du parlement wallon 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.

Comme l'indiquent les commentaires de l'article 4 de ce décret, le législateur wallon ne s'est pas borné, dans cet article 4, à imposer une norme d'immission de 3 V/m limitée à chaque antenne, sans

autre considération : il a estimé que, dans les faits, sur la base des éléments disponibles et des analyses – notamment françaises – réalisées, l'imposition d'une norme d'immission de 3 V/m par antenne était de nature à garantir que l'immission cumulée reste extrêmement faible au regard des limites préconisées par l'ICNIRP, qui sont appuyées par l'Organisation Mondiale de la Santé (O.M.S.).

En d'autres termes, la norme d'immission de l'article 4 du décret correspond à une appréciation de l'immission cumulée maximale admissible.

Aux considérations développées lors des travaux parlementaires, s'ajoutent un certain nombre d'éléments qui doivent être pris en compte lorsqu'est posée la question du cumul de rayonnements de plusieurs antennes :

- dans le cas où plusieurs antennes sont présentes dans une même zone (sur un même support ou sur des supports différents), il est très peu probable qu'elles produisent toutes leur maximum exactement au même endroit. Elles sont, en effet, rarement orientées dans la même direction (en azimut et en élévation) et ont des caractéristiques différentes ;
- dans certaines applications, la puissance rayonnée varie dans le temps. C'est notamment le cas des antennes des réseaux de téléphonie mobile dont la puissance maximale n'est que très rarement atteinte. La vérification du respect de la limite d'immission étant basée sur la puissance maximale, le champ sera, la plupart du temps, inférieur à la valeur ainsi calculée. Dans le cas d'exposition aux rayonnements de plusieurs antennes, la probabilité qu'elles émettent toutes, simultanément, au maximum de leur puissance est très faible. Le maximum du cumul des rayonnements de cet ensemble d'antennes sera bien évidemment nettement inférieur à la somme des maxima produits par chacune prise isolément ;
- il faut également mentionner que certaines antennes n'émettent que pendant des durées très brèves, d'où un champ nul la plupart du temps. En outre, de nombreuses antennes produisent un champ négligeable par rapport à 3 V/m. C'est le cas pour les antennes de faible puissance placées à une hauteur nettement supérieure à celle des lieux de séjour. De telles antennes contribuent de manière généralement négligeable au cumul des immissions ;
- en ce qui concerne les antennes directives, comme celles utilisées dans les réseaux de téléphonie mobile (GSM, UMTS, LTE, ...) qui sont généralement installées par groupe de trois, chaque antenne ne rayonne que dans un secteur d'environ 120°. Le champ qu'elle produit en dehors de ce secteur est faible, voire négligeable ;
- l'intensité du champ est inversement proportionnelle à la distance entre l'antenne et le point considéré. Dans le cas des réseaux de téléphonie mobile, même les antennes les plus puissantes sont incapables de produire plus de 1 V/m à une distance de 500 m. Or, 1 V/m ne représente que 1/784 fois (c'est-à-dire  $1^2/28^2$ ) la limite la plus faible recommandée par l'ICNIRP, ce qui démontre, en ce qui concerne le cumul de rayonnements, l'impact négligeable de telles antennes lorsqu'elles se trouvent à quelques centaines de mètres du point considéré.

Au reste, comme le rappellent les commentaires relatifs à l'article 4 du décret, la limite d'immission préconisée par l'ICNIRP et l'OMS varie entre 28 et 87 V/m en fonction de la fréquence. Si l'on retient la limite la plus faible, c'est-à-dire 28 V/m, on pourrait en déduire qu'il faudrait au moins 87 antennes ( $28/3$  élevé au carré) produisant chacune, en un même point, 3 V/m pour que cette limite soit atteinte. Lorsqu'il s'agit d'antennes des réseaux de téléphonie GSM et UMTS, la limite d'immission préconisée par l'ICNIRP et l'OMS est, respectivement de 41 et 61 V/m. Ce n'est donc pas 87 antennes qui seraient nécessaires, mais au moins 187 ( $41/3$  élevé au carré). En pratique, et compte tenu des considérations développées aux points 1 à 5 ci-dessus, si toutes les antennes présentes dans un rayon de plusieurs centaines de mètres autour des lieux de séjour concernés, produisent, dans ces lieux, un champ inférieur ou égal à 3 V/m, il faudrait plusieurs centaines d'antennes pour que le champ total

puisse éventuellement dépasser la limite d'immission recommandée par l'ICNIRP. Un tel cas est purement théorique et peut être tout à fait exclu.

En conclusion, l'imposition d'une limite d'immission par antenne, facilite le contrôle tant a priori qu'a posteriori et permet de déterminer les responsabilités en cas de dépassement. Même dans les cas d'exposition à plusieurs antennes, le fait que cette limite soit faible garantit une immission cumulée très nettement inférieure à celles préconisées par les instances sanitaires internationales.

A l'exception des cas, prévus au dernier alinéa de l'article 4, (plusieurs antennes installées sur un même support utilisées pour émettre les signaux d'un même réseau dans une zone géographique) et sur lesquels nous revenons ci-dessous, les 2<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> alinéas de cet article sont clairs en ce qui concerne l'absence d'obligation de tenir compte d'un quelconque cumul de l'ensemble des immissions dues aux installations existantes des différents opérateurs et de celles en projet.

Seules les situations prévues au 6<sup>e</sup> alinéa de l'article 4 imposent de tenir compte d'un cumul des immissions de certaines antennes. Ici encore, les commentaires de l'article 4 du décret clarifient la portée de cet alinéa : *« Cette disposition a pour objectif d'éviter la répartition de la puissance d'une antenne de téléphonie mobile d'un opérateur donné dépassant la limite d'immission de 3 V/m sur plusieurs antennes de ce même opérateur. »*

La disposition de ce dernier alinéa de l'article 4 résulte de l'intention du législateur d'empêcher que la puissance ne soit répartie sur plusieurs antennes lorsque la limite d'immission fixée pour une antenne est dépassée, ce qui, bien sûr, serait contraire à l'esprit du décret. Elle implique de cumuler les immissions des antennes installées sur un même support utilisées pour émettre les signaux d'un même réseau dans une zone géographique et de leur appliquer la limite de 3 V/m.

#### **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.

**Tableau 2 : Caractéristiques des antennes<sup>1</sup>**

Antennes	Réseau	Bande de fréquences (en émission)	Constructeur de l'antenne	Type d'antenne (numéro de référence constructeur)	Azimu <sup>2</sup> (par rapport au nord)	Hauteur du milieu de l'antenne au-dessus du sol	Puissance totale (à l'entrée de l'antenne) <sup>3</sup>	Angle de tilt <sup>4</sup> électrique	Angle de tilt <sup>4</sup> mécanique	Nombre de fréquences d'émission <sup>5</sup>
1	GSM	925 à 960	Kathrein	742266	0	34,07	15,85	0 à -7	0	2
2			Kathrein	742266	110	34,07	15,85	0 à -7	0	2
3			Kathrein	742266	230	34,07	15,85	0 à -7	0	2
-	DCS	1805 à 1880	-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-
-	UMTS	2110 à 2170	-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-
7	UMTS	925 à 960	Kathrein	742266	0	34,07	10,00	0 à -7	0	1
8			Kathrein	742266	110	34,07	10,00	0 à -7	0	1
9			Kathrein	742266	230	34,07	10,00	0 à -7	0	1
-	LTE	1805 à 1880	-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-
-			-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Unités :</b>		<b>MHz</b>			<b>degrés</b>	<b>m</b>	<b>W</b>	<b>degrés</b>	<b>degrés</b>	

L'examen des caractéristiques techniques des différentes antennes et de leur orientation respective permet de conclure que le dernier alinéa de l'article 4 n'est pas d'application pour celles qui sont identifiées par des numéros différents dans la 1<sup>ère</sup> colonne du tableau 2. En effet, les signaux d'un réseau dans une zone géographique ne seront émis que par une seule antenne. L'immission d'aucune de ces antennes ne doit donc être ajoutée à celle d'une autre.

A contrario, les antennes qui sont identifiées par un même numéro suivi d'un chiffre après une virgule (par exemple 9,1 et 9,2) dans la 1<sup>ère</sup> colonne du tableau 2 sont utilisées pour émettre les signaux d'un même réseau dans une zone géographique. Selon le dernier alinéa de l'article 4 du décret, elles doivent être considérées comme ne formant qu'une seule antenne. Dans la suite du présent rapport, notamment dans le tableau 3 et les annexes, chaque ensemble d'antennes est identifié par le numéro qui précède la virgule (dans le cas pris en exemple, les résultats relatifs aux antennes 9,1 et 9,2 sont identifiés par le numéro 9).

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 le dernier alinéa de l'article 4 du décret comme ne formant qu'une seule antenne.

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

<sup>2</sup> 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.

<sup>3</sup> Les antennes réceptrices ne génèrent aucun rayonnement électromagnétique significatif.

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

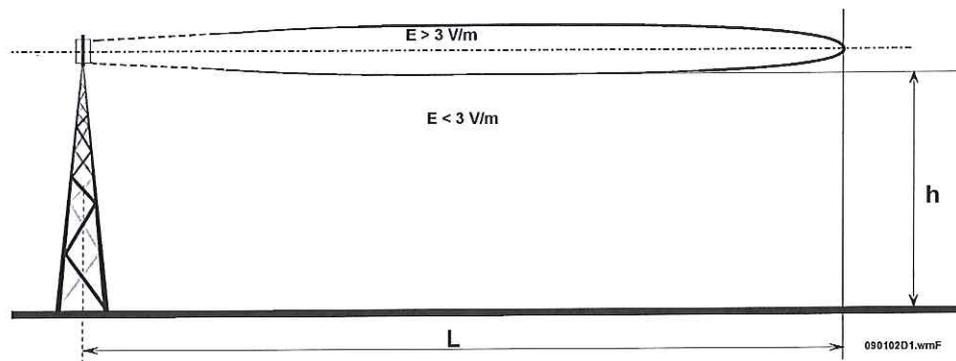
<sup>5</sup> TRX pour les réseaux GSM 900 et DCS 1800.

## 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**

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.

Lorsque, selon le dernier alinéa de l'article 4 du décret, un ensemble d'antennes doit être considéré comme n'en formant qu'une seule, l'iso-valeur correspondante est tracée en considérant le pire cas défini comme suit :

- une puissance égale à la somme des puissances rayonnées par les antennes de cet ensemble ;
- la hauteur de l'antenne la plus basse de l'ensemble ;
- le tilt total (mécanique + électrique) le plus négatif des antennes de l'ensemble ;
- un azimut pouvant prendre toutes les valeurs comprises dans l'angle formé par les azimuts minimum et maximum des antennes de l'ensemble ;
- le diagramme de l'antenne dont le gain est le plus élevé.

Les courbes d'iso-valeur correspondant aux différentes antennes sont jointes en annexe<sup>6</sup> ; le tableau 3 reprend, pour chacune :

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

- 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)<sup>7</sup>.

**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°	36,4	29,1
A2	2	110°	36,4	29,1
A3	3	230°	36,4	29,1
A4	7	0°	28,9	30,1
A5	8	110°	28,9	30,1
A6	9	230°	28,9	30,1

*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  $\lambda$  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 moyen<sup>8</sup> qui est supérieure à la valeur réelle jusqu'à une 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 séjour<sup>9</sup> se trouvant à une distance de l'antenne supérieure à 36,4 m : ces lieux se trouvent obligatoirement à l'extérieur d'une courbe d'iso-valeur, y compris dans le cas où les

<sup>7</sup> 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.

<sup>8</sup> Champ moyen calculé sur une distance de quelques longueurs d'onde.

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

azimuts des antennes ne sont pas spécifiés<sup>10</sup> dans le tableau 2 ou s'il s'agit d'antennes omnidirectionnelles ;

- b) les lieux de séjour situés à une hauteur<sup>11</sup> inférieure à 29,1 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 36,4 m et à une hauteur supérieure à 29,1 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. 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 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).*

---

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

<sup>11</sup> 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 :

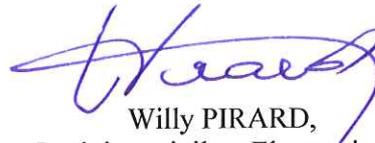
- locaux : 1,50 m au-dessus du niveau du plancher ;
- places de jeux : 1,50 m au-dessus du sol.

## 7. Conclusion

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.

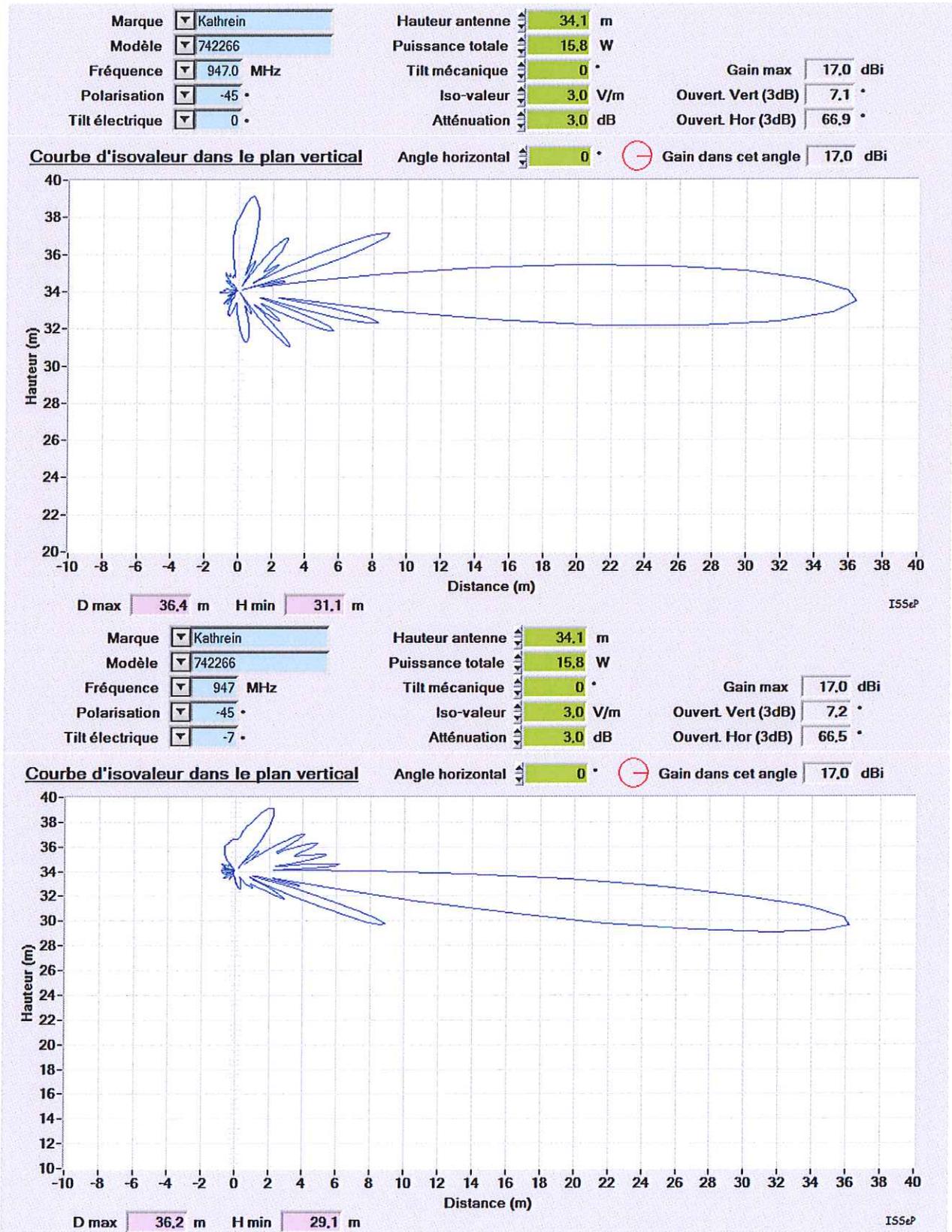


Amélie JACQUES,  
Ingénieur Industriel en Electronique,  
Attaché.



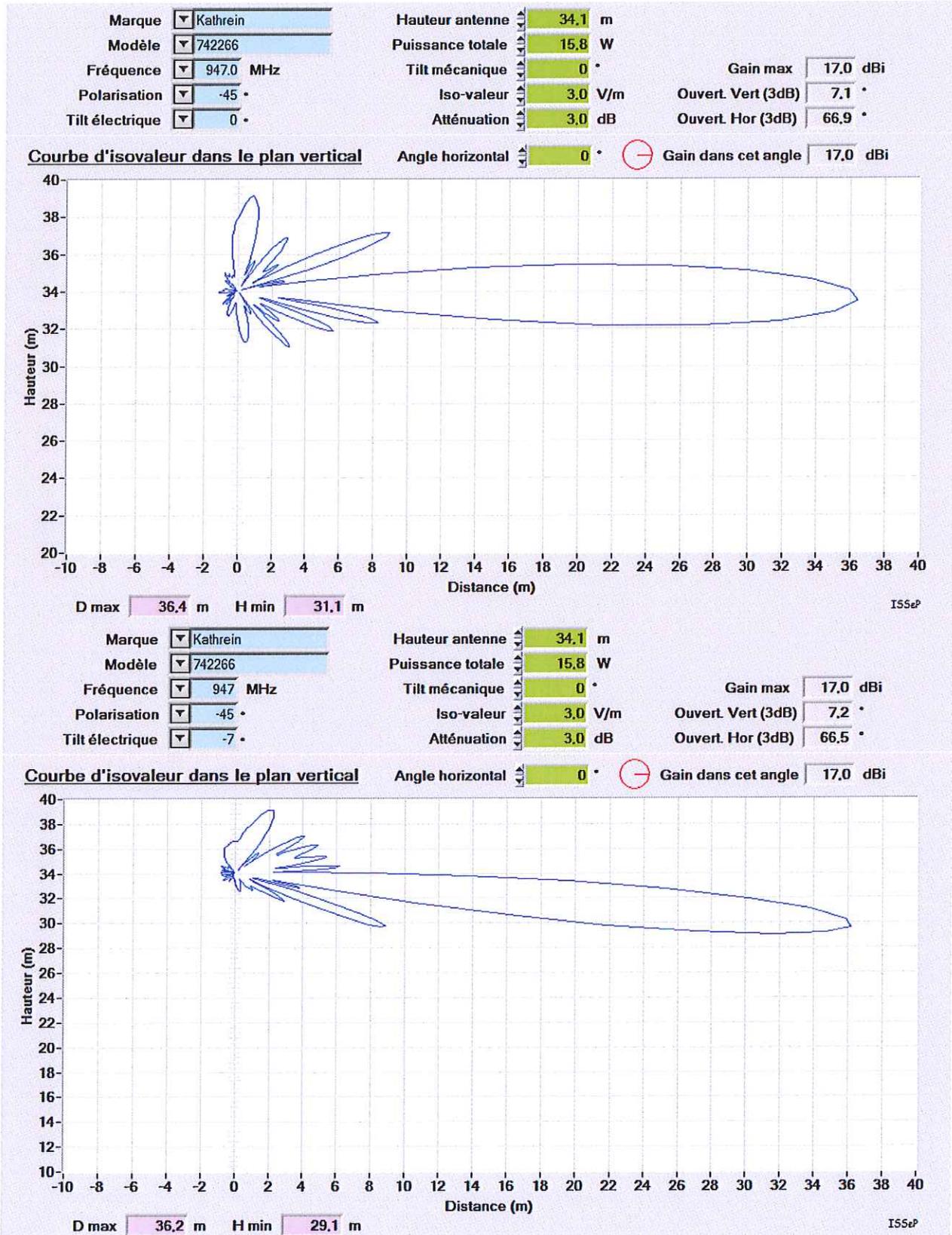
Willy PIRARD,  
Ingénieur civil en Electronique,  
Responsable de la Cellule  
Champs électromagnétiques.

**ANNEXE A1**  
**ANTENNE N° 1 - Azimut 0°**



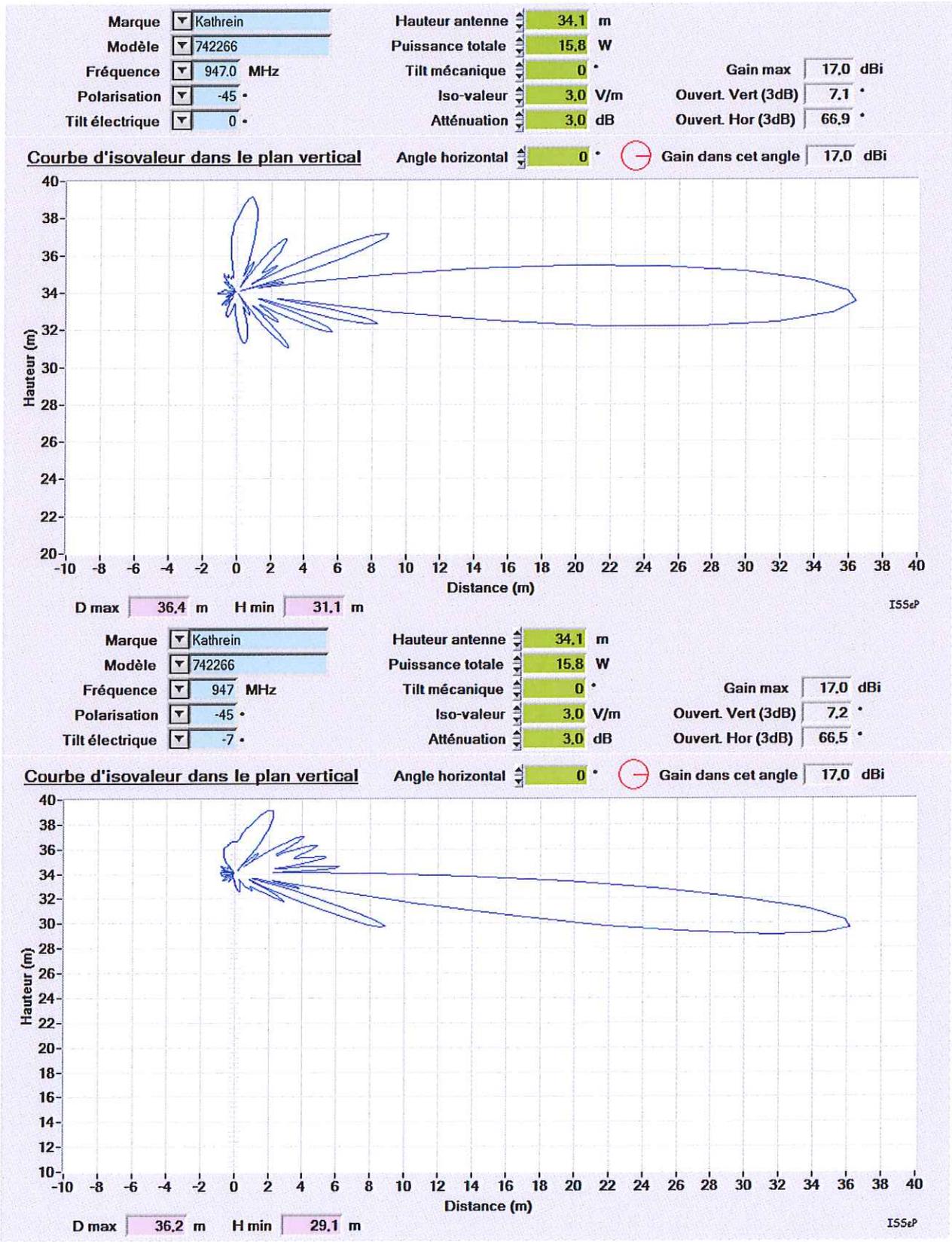
Remarque : ce rapport ne peut être reproduit, sinon en entier, sauf accord de l'Institut.

**ANNEXE A2**  
**ANTENNE N° 2 - Azimut 110°**



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

**ANNEXE A3**  
**ANTENNE N° 3 - Azimut 230°**



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

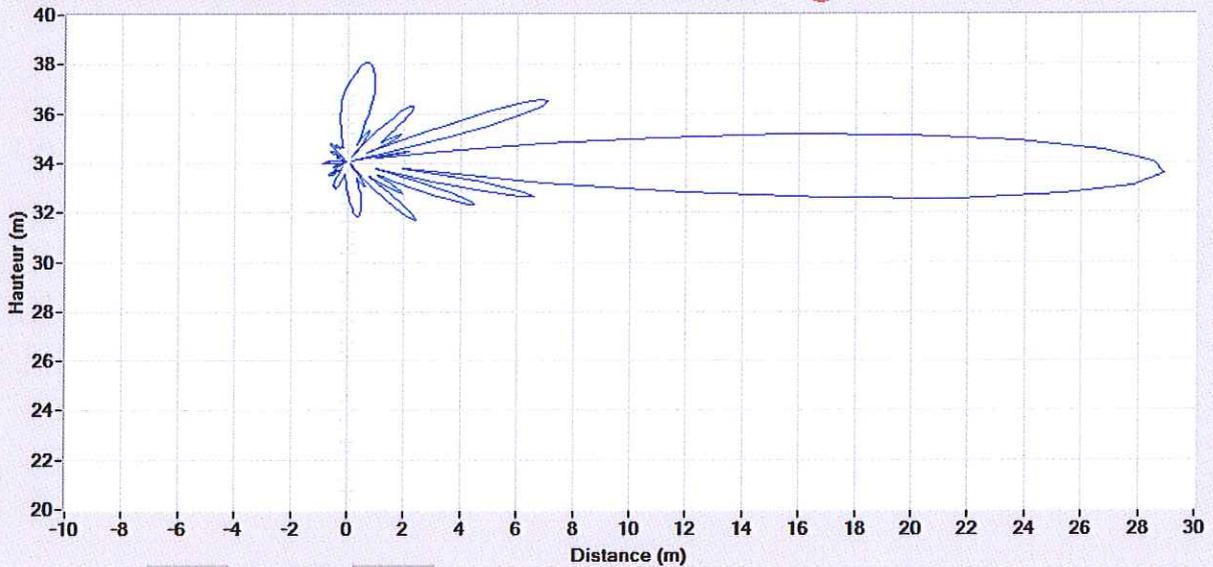
**ANNEXE A4**

**ANTENNE N° 7 - Azimut 0°**

Marque	Kathrein	Hauteur antenne	34,1 m	Gain max	17,0 dBi
Modèle	742266	Puissance totale	10,0 W	Ouvert. Vert (3dB)	7,1 °
Fréquence	947 MHz	Tilt mécanique	0 °	Ouvert. Hor (3dB)	66,9 °
Polarisation	-45 °	Iso-valeur	3,0 V/m		
Tilt électrique	0 °	Atténuation	3,0 dB		

**Courbe d'isovaleur dans le plan vertical**

Angle horizontal 0 ° Gain dans cet angle 17,0 dBi



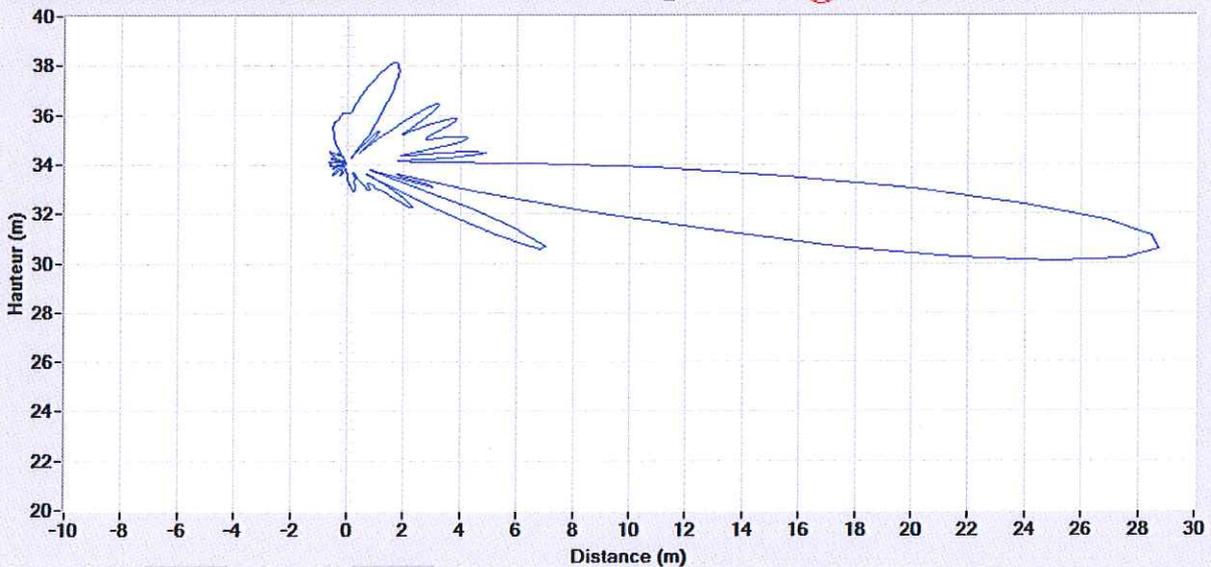
D max 28,9 m H min 31,7 m

ISSEP

Marque	Kathrein	Hauteur antenne	34,1 m	Gain max	17,0 dBi
Modèle	742266	Puissance totale	10,0 W	Ouvert. Vert (3dB)	7,2 °
Fréquence	947 MHz	Tilt mécanique	0 °	Ouvert. Hor (3dB)	66,5 °
Polarisation	-45 °	Iso-valeur	3,0 V/m		
Tilt électrique	-7 °	Atténuation	3,0 dB		

**Courbe d'isovaleur dans le plan vertical**

Angle horizontal 0 ° Gain dans cet angle 17,0 dBi

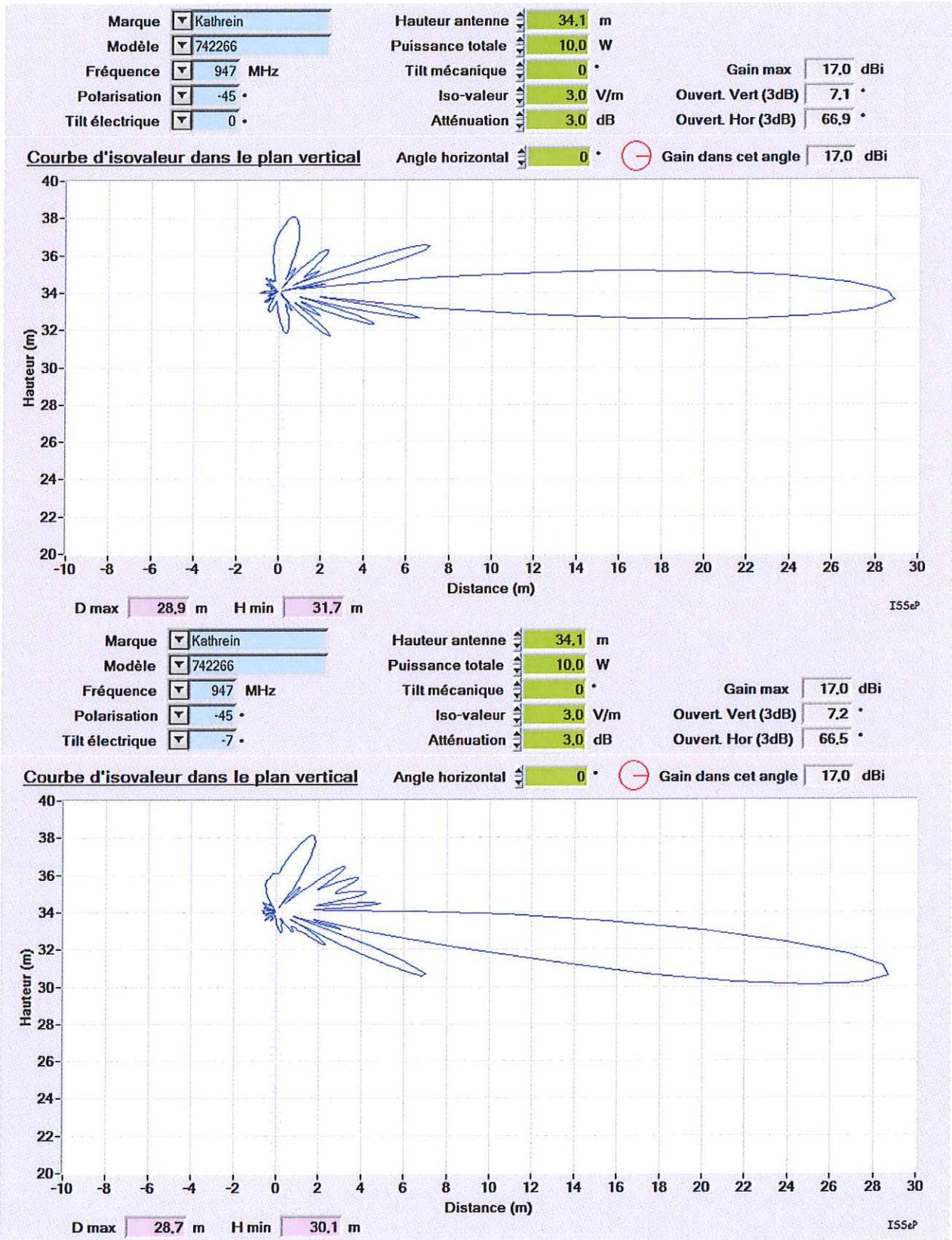


D max 28,7 m H min 30,1 m

ISSEP

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

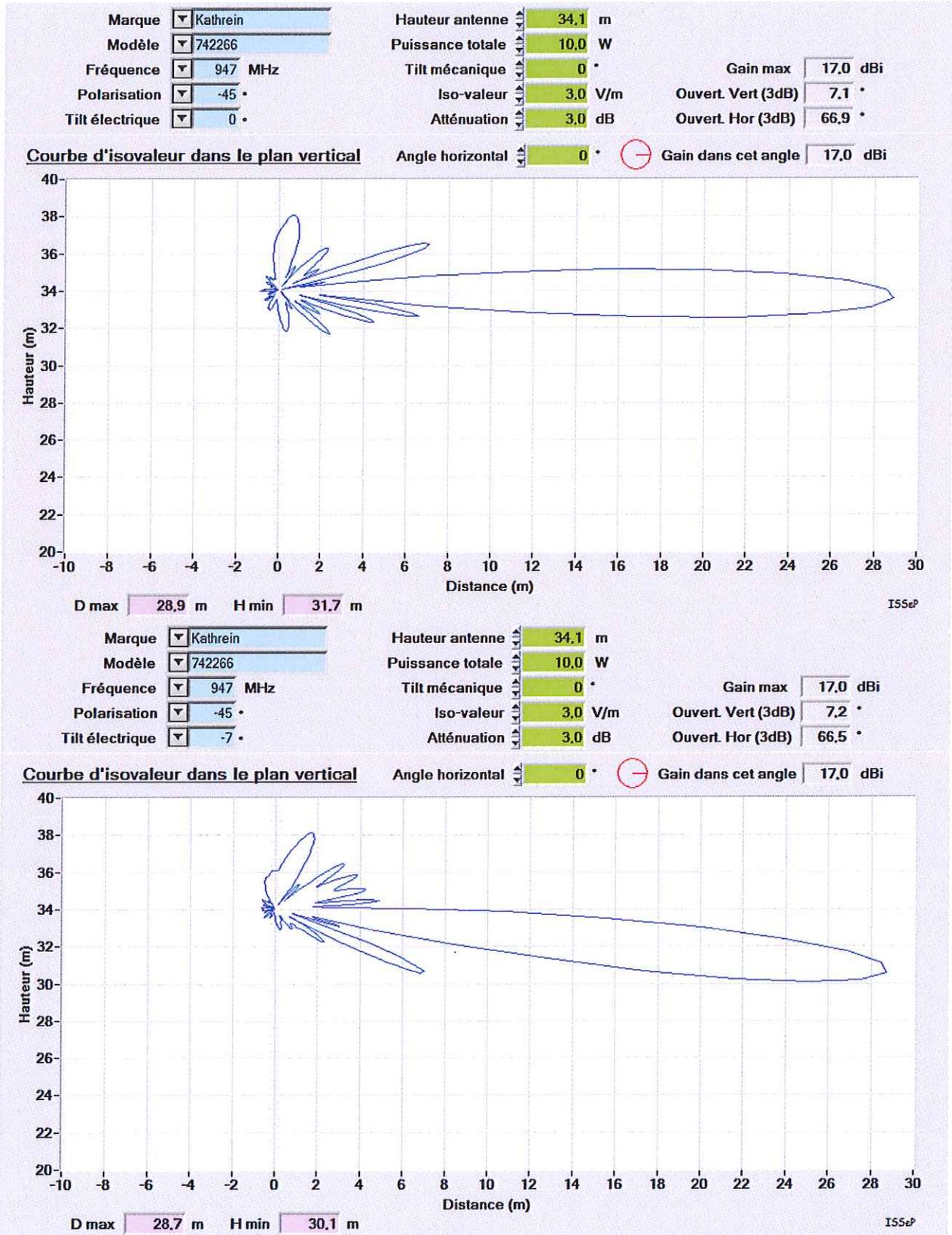
**ANNEXE A5**  
**ANTENNE N° 8 - Azimut 110°**



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

ANNEXE A6

ANTENNE N° 9 - Azimut 230°



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