

## Rapport d'essai

### Champ électromagnétique in situ

Selon le protocole ANFR/DR 15-4 du 28 août 2017

Evaluation de l'exposition aux fréquences 100kHz-6GHz

Référence du rapport d'essai	MN-00063_PUB
Commune	Paris
Adresse du site	58 RUE de Rome, R+6

Rédaction	Roméo AYGUN	
Vérification/Approbation	Tony RENARD	

Ce document comporte 43 pages dont 2 annexes

La reproduction de ce document n'est autorisée que sous la forme de fac-similé photographique intégral.  
SARL au capital de 24051 Euros - N°TVA intracommunautaire : FR 76 752578369 - RCS Versailles 752 578 369

## Table des matières

<b>1</b>	<b>SYNTHESE</b>	<b>5</b>
1.1	PRINCIPAUX RESULTATS . . . . .	5
1.2	DECLARATION DE CONFORMITE . . . . .	5
<b>2</b>	<b>REFERENCES</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>OBJET DE L'ESSAI, EXPRESSION DE LA DEMANDE ET CONDITIONS DE LA MESURE</b>	<b>7</b>
3.1	OBJET . . . . .	7
3.2	EXPRESSION DE LA DEMANDE . . . . .	7
<b>4</b>	<b>ANALYSE DU SITE</b>	<b>8</b>
4.1	EMETTEURS ENVIRONNANTS ET POINTS DE MESURE . . . . .	8
4.2	EMETTEURS VISIBLES DEPUIS LE SITE DE MESURE . . . . .	9
4.3	RELEVES INTERMEDIAIRES . . . . .	14
<b>5</b>	<b>POINT DE MESURE CAS A OU CAS B</b>	<b>16</b>
5.1	DESCRIPTION DU POINT DE MESURE . . . . .	16
5.2	CONDITIONS DE MESURE . . . . .	17
5.3	CAS A . . . . .	18
5.4	MESURE PAR SERVICE ET EMISSIONS SIGNIFICATIVES . . . . .	24
5.5	ANALYSE DE COHERENCE . . . . .	27
5.6	GRAPHE DES RESULTATS PAR SERVICE . . . . .	27
5.7	RESULTATS DE LA MESURE 5G 3600* . . . . .	29
<b>6</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>30</b>
6.1	ANNEXE 1: GENERALITES . . . . .	30
6.2	ANNEXE 2 : SYSTEME DE MESURE ET INCERTITUDE DE MESURE . . . . .	35

## Liste des tableaux

1	Relevés intermédiaires pour le point de mesure n°1 . . . . .	14
2	Description du point de mesure . . . . .	16
3	Conditions de mesure . . . . .	17
4	Point de mesure n°1 - Cas A (mesures large bande) . . . . .	18
5	Point de mesure n°1 - Mesures par service . . . . .	26

## Révisions

Indice	Date	Nature des révisions
A	30/03/2026	Création du document

# 1 SYNTHÈSE

## 1.1 PRINCIPAUX RESULTATS

Au point retenu n°1, situé 58 RUE de Rome, R+6, 75008, Paris , la valeur du cas A est mesurée à 5.45V/m.

La valeur limite de référence la plus faible dans la bande de fréquence est de 27.5V/m.

Le service pour lequel le niveau maximal a été mesuré à 3.16V/m est : Téléphonie mobile 1800.

## 1.2 DECLARATION DE CONFORMITE

Les niveaux de champ obtenus au cas A étant inférieurs à 6V/m la conformité du niveau d'exposition au champ électromagnétique dans la bande 100 kHz - 6 GHz vis-à-vis du décret n°2002-775 du 3 mai 2002 est donc déclarée<sup>1</sup>.

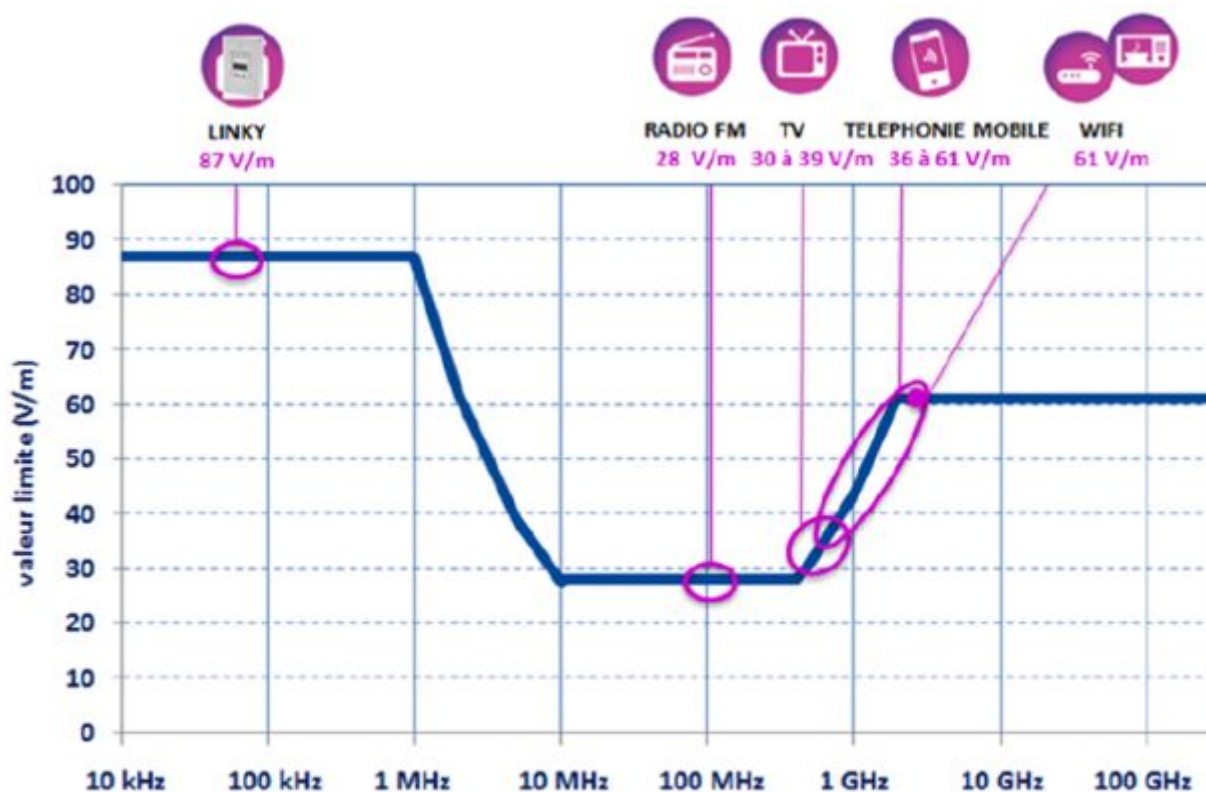
<sup>1</sup> Pour déclarer ou non la conformité il n'est pas tenu compte de l'incertitude associée aux résultats.

## 2 REFERENCES

L'essai a été effectué selon le protocole ANFR DR15-4 du 28 août 2017, disponible sur le site de l'Agence nationale des fréquences [www.anfr.fr](http://www.anfr.fr).

Le décret n°2002-775 du 3 mai 2002, pris en application du 12° de l'article L32 du code des Postes et Communications électroniques, fixe notamment les valeurs-limites de l'exposition du public aux champs électromagnétiques émis par les équipements utilisés dans les réseaux de télécommunication ou par les installations radioélectriques.

Le graphe suivant fournit les valeurs limites du champ électrique avec quelques exemples d'application.



- FM : radiodiffusion sonore analogique
- TNT : Télévision Numérique Terrestre
- DECT : base du téléphone sans cordon
- Wi-Fi : réseau local radioélectrique utilisant la technologie Wi-Fi
- Téléphonie et Haut débit mobile : 2G 3G 4G et 5G

### **3 OBJET DE L'ESSAI, EXPRESSION DE LA DEMANDE ET CONDITIONS DE LA MESURE**

#### **3.1 OBJET**

L'objet du document est de présenter les résultats des mesures de champ électromagnétique in situ effectuées suivant le protocole de l'Agence nationale des fréquences par rapport aux valeurs limites d'exposition du public.

Les résultats de champ électromagnétique ne valent que pour l'emplacement spécifié et à la date des mesures.

L'essai couvre la bande 100 kHz - 6 GHz. Il est réalisé en ondes formées, la mesure de l'intensité d'une seule composante électrique ou magnétique est suffisante dans les conditions de cet essai.

#### **3.2 EXPRESSION DE LA DEMANDE**

L'objectif de la demande est de vérifier la conformité de l'exposition aux valeurs réglementaires. Pour cela les mesures suivantes sont réalisées :

- Le niveau global d'exposition (TV, radio FM, téléphonie mobile, DECT, Wi-Fi)
- Le détail de l'exposition (TV, radio FM, téléphonie mobile, DECT, Wi-Fi)
- L'évaluation de l'exposition dans la bande de téléphonie mobile 3600 lors d'un téléchargement d'un fichier de 1Go

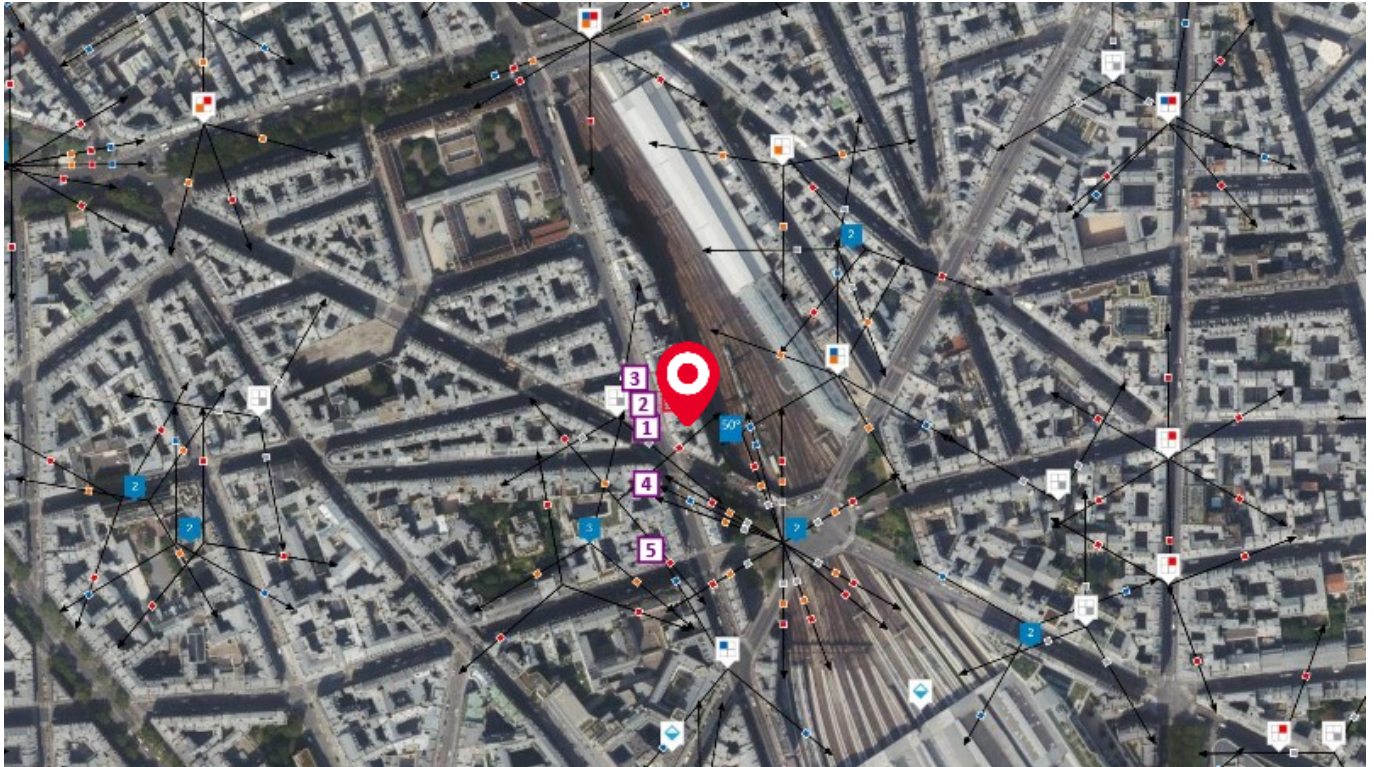
Pour répondre à cet objectif l'essai a été réalisé suivant le Cas B du protocole de mesure.










Le point de mesure est choisi à l'emplacement du maximum de champ relevé.

## 4 ANALYSE DU SITE

### 4.1 EMETTEURS ENVIRONNANTS ET POINTS DE MESURE

La vue<sup>1</sup> du site de mesure ainsi que les émetteurs environnants sont représentés ci-dessous :



- |   |                        |   |                                     |
|---|------------------------|---|-------------------------------------|
|  | Numéro émetteur        |  | Position de la mesure (si visible)  |
|  | Téléphonie mobile      |  | TV                                  |
|  | Radio FM               |  | Autres stations                     |
|  | Faisceaux hertziens    |  | Autres opérateurs téléphonie mobile |
|  | Réseaux mobiles privés |   |                                     |

<sup>1</sup>Carte issue du site cartoradio.fr

## 4.2 EMETTEURS VISIBLES DEPUIS LE SITE DE MESURE

Le ou les émetteurs visibles depuis le site de mesure sont présentés ci-après :

Emetteur visible n°1

Type : TELEPHONIE



Emetteur visible n°2

Type : TELEPHONIE



Emetteur visible n°3

Type : TELEPHONIE



Emetteur visible n°4

Type : TELEPHONIE



Emetteur visible n°5

Type : TELEPHONIE



### 4.3 RELEVES INTERMEDIAIRES

Pour l'identification du point de mesure, l'analyse du site a conduit à effectuer des relevés intermédiaires à une hauteur de 150 cm pour déterminer le ou les points d'amplitude de champ maximale et des points d'intérêts particuliers notamment les lieux accessibles au public.

Les relevés intermédiaires pour le point de mesure n°1 sont fournis dans le tableau suivant :

Numéro de relevé intermédiaire	Nom du lieu	Niveau de champ (V/m)
1	Point 1	5.82
2	Point 2	1.80
3	Point 3	1.63
4	Point 4	0.54
5	Point 5	4.51
6	Point 6	0.14
7	Point 7	1.12

Niveau de sensibilité de la sonde : 0.30 V/m. Pour les niveaux mesurés inférieurs à la sensibilité de la sonde, les valeurs sont données à titre informel.

Tableau 1 – Relevés intermédiaires pour le point de mesure n°1

Le point de mesure retenu est le suivant :

Point de mesure retenu	Localisation	Raison du choix <sup>12</sup>	Type de mesure effectuée
1	Point 1	Maximum	Cas B

<sup>1</sup> : Maximum : Le point de mesure a été choisi à l'emplacement du maximum de champ relevé

<sup>2</sup> : Demande : Le point de mesure a été choisi à la demande de la personne qui sollicite la mesure

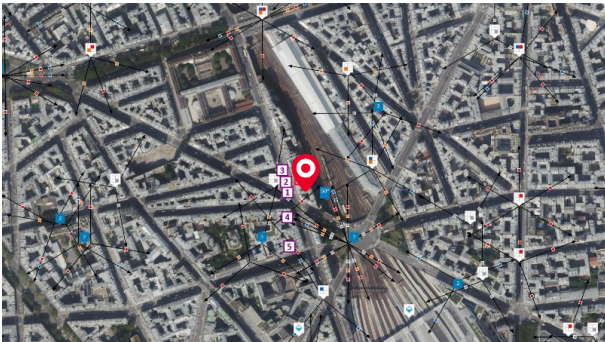
## 5 POINT DE MESURE CAS A OU CAS B

### 5.1 DESCRIPTION DU POINT DE MESURE

Le positionnement du point de mesure est présenté ci-dessous :

Positionnement du point de mesure

Photo du point de mesure



Lieu privé - photo non diffusable

Voie ou lieu-dit	RUE de Rome	Coordonnées GPS	
Code postal	75008	Latitude	Longitude
Ville	Paris	48.879870	2.321999
Etage	6		
Appartement	-		

Tableau 2 – Description du point de mesure

## 5.2 CONDITIONS DE MESURE

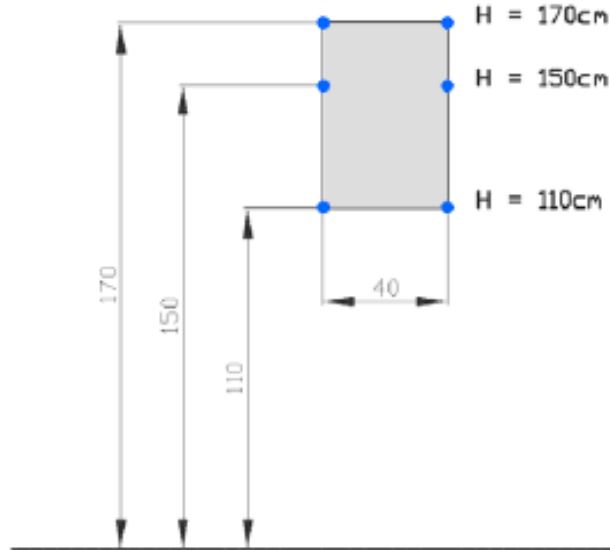
Date de la mesure	23/03/2026
Heure début	12 :12
Heure fin	13 :44
Température	21.5°C
Hygrométrie	34%

Type d'environnement	HABITATION
Lieu d'habitation	Oui
Périmètres de sécurité	Non
Mesure en intérieur	Oui
Condition champ lointain	Oui
Configuration	Fenêtre ouverte

Tableau 3 - Conditions de mesure

### 5.3 CASA

Une moyenne spatiale est effectuée sur trois hauteurs (à 110cm, 150cm et 170cm) comme illustré ci-dessous :



Indice lieu de mesure	Bande de fréquence	Niveau de champ (V/m)		Moyenne spatiale	Incertitude <sup>3</sup> (%)
		Valeur par hauteur			
1	100 kHz à 6 GHz	1.70m	5.63	5.45	66.3
		1.50m	5.82		
		1.10m	4.86		

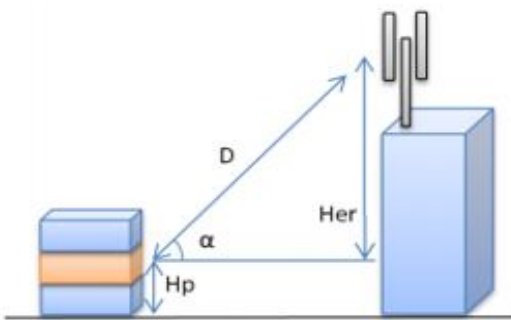
Niveau de sensibilité de la sonde : 0.30 V/m. Pour les niveaux mesurés inférieurs à la sensibilité de la sonde, les valeurs sont données à titre informatif.

Tableau 4 – Point de mesure n°1 - Cas A (mesures large bande)

Pour la téléphonie mobile, avec les technologies actuellement déployées et les usages actuels, le niveau relevé au CAS A dans la journée, et ceci quelle que soit l'heure, est un bon indicateur de l'exposition, en général proche de celui que l'on constaterait en faisant des mesures en continu moyennées sur six minutes, l'amplitude des variations dans la journée constatée dans les études est en général faible, inférieure à 30%.

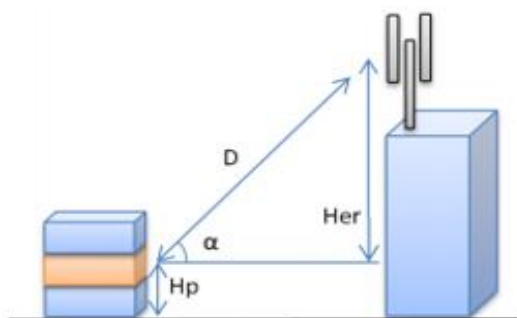
<sup>3</sup> Intervalle de confiance de 95%

Emetteur n°1 visible depuis le point retenu n°1



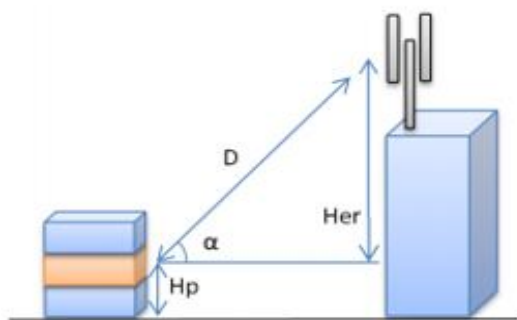
Hauteur du point de mesure $H_p$ (m)	19.5
Hauteur relative de l'émetteur $H_{er}$ (m)	7.5
Distance $D$ (m)	45.6
Angle $\alpha$ (°)	9.3
Type	TELEPHONIE

Emetteur n°2 visible depuis le point retenu n°1



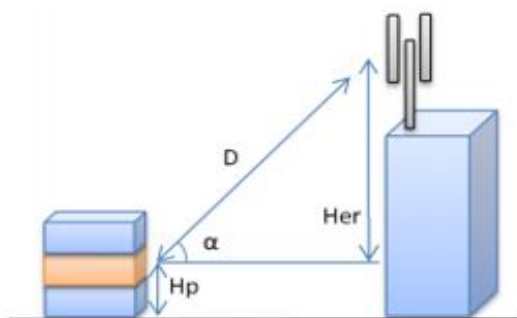
Hauteur du point de mesure $H_p$ (m)	19.5
Hauteur relative de l'émetteur $H_{er}$ (m)	7.5
Distance $D$ (m)	45.6
Angle $\alpha$ (°)	9.3
Type	TELEPHONIE

Emetteur n°3 visible depuis le point retenu n°1



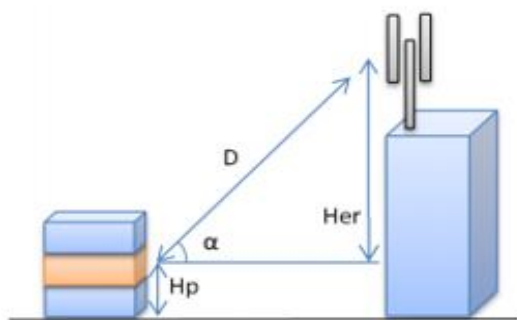
Hauteur du point de mesure $H_p$ (m)	19.5
Hauteur relative de l'émetteur $H_{er}$ (m)	7.5
Distance $D$ (m)	45.6
Angle $\alpha$ (°)	9.3
Type	TELEPHONIE

Emetteur n°4 visible depuis le point retenu n°1



Hauteur du point de mesure $H_p$ (m)	19.5
Hauteur relative de l'émetteur $H_{er}$ (m)	8.5
Distance D (m)	80.5
Angle $\alpha$ (°)	6.0
Type	TELEPHONIE

Emetteur n°5 visible depuis le point retenu n°1



Hauteur du point de mesure $H_p$ (m)	19.5
--------------------------------------	------

Hauteur relative de l'émetteur $H_{er}$ (m)	8.5
---	-----

Distance D (m)	85.4
----------------	------

Angle $\alpha$ (°)	5.7
--------------------	-----

Type	TELEPHONIE
------	------------

## 5.4 MESURE PAR SERVICE ET EMISSIONS SIGNIFICATIVES

Les mesures se sont déroulées selon le cas B du protocole avec une moyenne spatiale effectuée de la même manière qu'au cas A. Les mesures par service fournissent les résultats suivants :

Seules les valeurs supérieures à 0.05V/m sont reportées

Service	Niveau de champ (V/m)	Champ électrique mesuré (V/m)
Services HF (100kHz-30MHz)	0.11	0.16 MHz : 0.15
		<0.05
PMR (30MHz-87.5MHz hors TV)	0.12	<0.05
		<0.05
Radiodiffusion sonore (FM-RNT) (87.5MHz-108MHz, 174MHz-223MHz)	0.60	RNT canal 5A : 0.19
		FM Fréquence protestante/Radio Notre Dame : 0.13
PMR-BALISES (108MHz-880MHz hors TV et RNT) et GSM-R (921-925MHz)	0.06	<0.05
		<0.05
TV (47MHz-68MHz, 470MHz-694MHz)	0.13	TV canal 24 : 0.09
		TV canal 29 : 0.07
Téléphonie Mobile bande 700 MHz	2.32	Free 4G/5G : 1.91
		Orange 4G/5G : 1.28
		SFR 4G : 0.55
Téléphonie mobile bande 800 MHz	2.60	SFR 4G : 2.08
		Orange 4G : 1.18

Téléphonie mobile bande 900 MHz	2.00	Free 4G : 1.30
		Orange 3G : 0.63
		SFR 3G : 0.38
		Orange 2G : 0.37
Radars-Balises-FH (960MHz-1710MHz)	0.08	<0.05
		<0.05
Téléphonie mobile bande 1800 MHz	3.16	SFR 4G : 2.51
		Orange 4G : 1.87
		Free 4G : 1.56
DECT (1880MHz-1900MHz)	<0.05	<0.05
		<0.05
Téléphonie mobile bande 2100 MHz	1.71	SFR 4G : 1.02
		Free 4G : 0.75
		Orange 4G : 0.71
Téléphonie mobile bande 2600 MHz	2.54	SFR 4G : 1.91
		Free 4G : 1.43
		Orange 4G : 1.25
Téléphonie mobile bande 3600 MHz	2.40	Free 5G : 2.02
		SFR 5G : 1.76
		Orange 5G : 0.74
		Bouygues 5G : 0.51

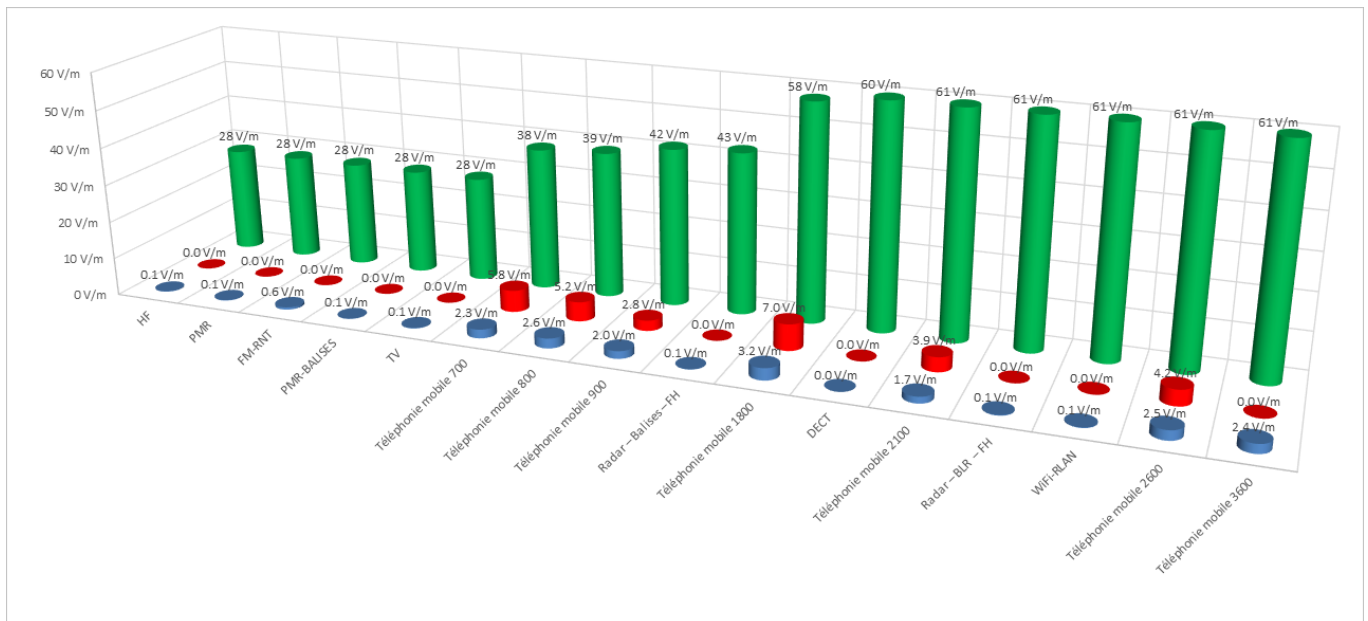
RADARS-BLR (Wimax)-FH (dans la bande 2200MHz-6000MHz)	0.15	4960.00 MHz : 0.16
		5074.29 MHz : 0.14
Réseaux locaux radioélectriques (Wi-Fi) (2400MHz-2483.5MHz, 5150MHz-5350MHz, 5470MHz-5725MHz)	0.14	Canal 13 : 0.09
		Canal 136 : 0.08
Cumul des services	6.46	

Tableau 5 – Point de mesure n°1 - Mesures par service

## 5.5 ANALYSE DE COHERENCE

Le niveau cumulé sur l'ensemble des services considérés est 16% supérieur aux résultats issus de la sonde large bande.

## 5.6 GRAPHE DES RESULTATS PAR SERVICE



Valeur mesurée par service

Valeur limite d'exposition par service

Dans les situations où une exposition simultanée à des champs de fréquences différentes se produit, il convient d'évaluer les critères suivants :

— Pour les fréquences comprises entre 1Hz et 10MHz, il conviendra de respecter les critères  $C_1$  et  $C_2$  :

$$C_1 \Leftrightarrow \sum_{i=1\text{Hz}}^{1\text{MHz}} \frac{E_i}{E_{i,j}} + \sum_{i>1\text{MHz}}^{10\text{MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1 \quad (1)$$

$$C_2 \Leftrightarrow \sum_{j=1\text{Hz}}^{150\text{kHz}} \frac{H_j}{H_{i,j}} + \sum_{j>150\text{kHz}}^{10\text{MHz}} \frac{H_j}{b} \leq 1 \quad (2)$$

— Pour les fréquences égales ou supérieures à 100kHz, il conviendra de respecter les critères  $C_3$  et  $C_4$  :

$$C_3 \Leftrightarrow \sum_{i=100\text{kHz}}^{1\text{MHz}} \left(\frac{E_i}{c}\right)^2 + \sum_{i>1\text{MHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{i,j}}\right)^2 \leq 1 \quad (3)$$

$$C_4 \Leftrightarrow \sum_{j=100\text{kHz}}^{150\text{kHz}} \left(\frac{H_j}{d}\right)^2 + \sum_{j>150\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{H_j}{H_{i,j}}\right)^2 \leq 1 \quad (4)$$

Pour le présent rapport, les fréquences  $i, j$  sont à considérer à partir de 100kHz et jusqu'à 6GHz.

Avec :

- $E_i$  l'intensité du champ électrique mesuré à la fréquence  $i$
- $E_{i,j}$  le niveau de référence d'intensité de champ électrique à la fréquence  $i$
- $H_j$  l'intensité du champ magnétique mesuré à la fréquence  $j$
- $H_{i,j}$  le niveau de référence d'intensité de champ magnétique à la fréquence  $j$

$a=87\text{V/m}$ ,  $b=5\text{A/m}$  ( $6.25\mu\text{T}$ ),  $c = \frac{87}{\sqrt{f}} \text{ V/m}$  ( $f$  en MHz) et  $d = c = \frac{0.73}{\sqrt{f}} \text{ V/m}$  ( $f$  en MHz)

L'évaluation des critères  $C_1, C_2, C_3, C_4$  est présentée dans le tableau suivant :

$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	Respect des critères
0.001962	0.000091	0.017176	0.016933	Oui

## 5.7 RESULTATS DE LA MESURE 5G 3600\*

Actuellement en France la 5G se déploie sur plusieurs bandes de fréquences : celles déjà utilisées pour les réseaux actuels 2G/3G et 4G (dites "bandes basses") et une nouvelle bande jusque-là non attribuée aux réseaux mobiles, la bande 3.6GHz.

Le lieu de mesure se trouve à proximité d'un site d'un opérateur ou des opérateurs disposant d'une antenne 5G dans cette nouvelle bande de fréquence. A ce stade du déploiement, peu d'utilisateurs sollicitent cette antenne et le niveau d'exposition mesuré dans toute la bande 3.6GHz est en général très faible.

Une mesure complémentaire a été réalisée en sollicitant les antennes 5G depuis le lieu de mesure à l'aide d'un téléphone 5G et d'un abonnement 5G.

Les mesures spécifiques sont réalisées à la hauteur de 1.5m, d'abord sans sollicitation particulière de l'antenne puis en sollicitant l'antenne par un téléchargement d'un fichier de 1Go sur le téléphone.

Le tableau suivant récapitule les niveaux de champ électrique mesurés en l'absence de sollicitation particulière puis mesurés avec une sollicitation d'un téléchargement de 1Go de données.

Nom de l'opérateur	Champ électrique moyen sans sollicitation particulière	Champ électrique moyen avec un téléchargement de 1Go	Valeur limite réglementaire en champ électrique dans la bande 3.6GHz
SFR	0.81 V/m*	1.17 V/m*	61 V/m
Free	1.47 V/m*	4.03 V/m*	61 V/m
Orange	0.50 V/m*	0.87 V/m*	61 V/m
Bouygues	0.34 V/m*	0.37 V/m*	61 V/m

\* Mesures hors accréditation

## 6 ANNEXES

### 6.1 ANNEXE 1 : GENERALITES

#### La mesure de champs électromagnétiques

La mesure de champs électromagnétiques permet de faire un bilan à l'instant t de l'exposition des personnes. Les résultats de mesures de champs électromagnétiques peuvent être comparés aux normes en vigueur concernant l'exposition du public ou bien l'exposition des travailleurs.

Ces mesures ont pour but de quantifier l'exposition des personnes aux ondes électromagnétiques, les points de mesures sont ainsi choisis dans des lieux de vie, de travail ou de passage de personnes. Ces mesures se font ainsi, indifféremment en intérieur, en extérieur, au travail, chez soi, dans les lieux publics et privés, dans la rue.

La mesure présente dans ce rapport est une mesure basique permettant de vérifier de manière générale les niveaux de champ émis. Suivant les demandes, et les émetteurs présents sur le site, des mesures plus spécifiques peuvent être faites, pour quantifier au mieux les rayonnements induits.

## Le champ électromagnétique

Le champ électromagnétique peut être naturel ou créé par l'homme.

Toutes les communications par ondes utilisent les champs électromagnétiques. Se propageant à la vitesse de la lumière ces ondes ont des caractéristiques différentes suivant leur fréquence. La fréquence d'une onde est fixe et correspond à son identité propre, les émetteurs et les récepteurs des différents réseaux, (téléphonie, radio FM, antennes des services de secours), sont fabriqués de manière à fonctionner avec une fréquence définie.

Ces ondes ont des réactions différentes avec les obstacles qu'elles rencontrent suivant leur fréquence. De manière générale, des ondes basses fréquences comme la radio FM vont très bien traverser les murs, à l'inverse des ondes hautes fréquences comme le Wifi qui vont être fortement atténuées à la traversée d'un mur.

Le champ électromagnétique est composé d'un champ électrique  $E$  exprimé en  $V/m$  et d'un champ magnétique  $H$  exprimé en  $A/m$ . En champ lointain, c'est-à-dire à une certaine distance de l'émetteur, ces champs sont proportionnels entre eux, et, quantifier l'un pour le comparer à la réglementation revient à étudier implicitement l'autre. La totalité du champ électromagnétique est donc étudiée dans la mesure générale.

### Les niveaux de référence

Aujourd'hui en France les valeurs maximales d'expositions légales pour le public sont données par le décret N°2002-775. Ce décret donne les valeurs limites à ne pas dépasser suivant la fréquence de l'onde étudiée.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs limites pour plusieurs bandes de fréquences usuelles.

Bande de Fréquences	Service	Valeurs limites Public
100 kHz - 30 MHz	Services HF (ondes courtes, moyennes et longues)	28 V/m
30MHz - 87.5 MHz	PMR (Réseau radio mobile professionnels)	28 V/m
87.5 MHz - 108 MHz 174 MHz - 223 MHz	Radiodiffusion sonore (FM-RNT)	28 V/m
108 MHz - 880 MHz 921 MHz - 925 MHz	PMR- Balises-Objets communicants	28 V/m
47 MHz - 68 MHz 470 MHz - 830 MHz	TV	28 V/m
758 MHz - 788 MHz	TM 700 (Téléphonie mobile bande 700 MHz)	38 V/m
791 MHz - 821 MHz	TM 800 (Téléphonie mobile bande 800 MHz)	39 V/m
925 MHz - 960 MHz	TM 900 (Téléphonie mobile bande 900 MHz)	42 V/m
960 MHz - 1710 MHz	RADARS - BALISES - FH	43 V/m

1805 MHz - 1880 MHz	TM 1800 (Téléphonie mobile bande 1800 MHz)	58 V/m
1880 MHz - 1900 MHz	DECT (Téléphones sans fil domestiques numériques)	60 V/m
2110 MHz - 2170 MHz	TM 2100 (Téléphonie mobile bande 2100 MHz)	61 V/m
2620 MHz - 2690 MHz	TM 2600 (Téléphonie mobile bande 2600 MHz)	61 V/m
3490 MHz - 3800 MHz	TM 3600 (Téléphonie mobile bande 3600 MHz)	61 V/m
2200 MHz - 6000 MHz (Hors RLAN et TM)	RADARS - BLR- FH	61 V/m
2400 MHz - 2483.5 MHz 5150 MHz - 5350 MHz 5470 MHz - 5725 MHz	Réseaux Locaux radioélectriques ou RLAN (Wi-Fi)	61 V/m

PMR : Private Mobile Radiocommunication

DECT : Digital Enhanced Cordless Telephone

FM : Frequency modulation

BLR : Boucle Locale Radio

TM : Téléphonie Mobile

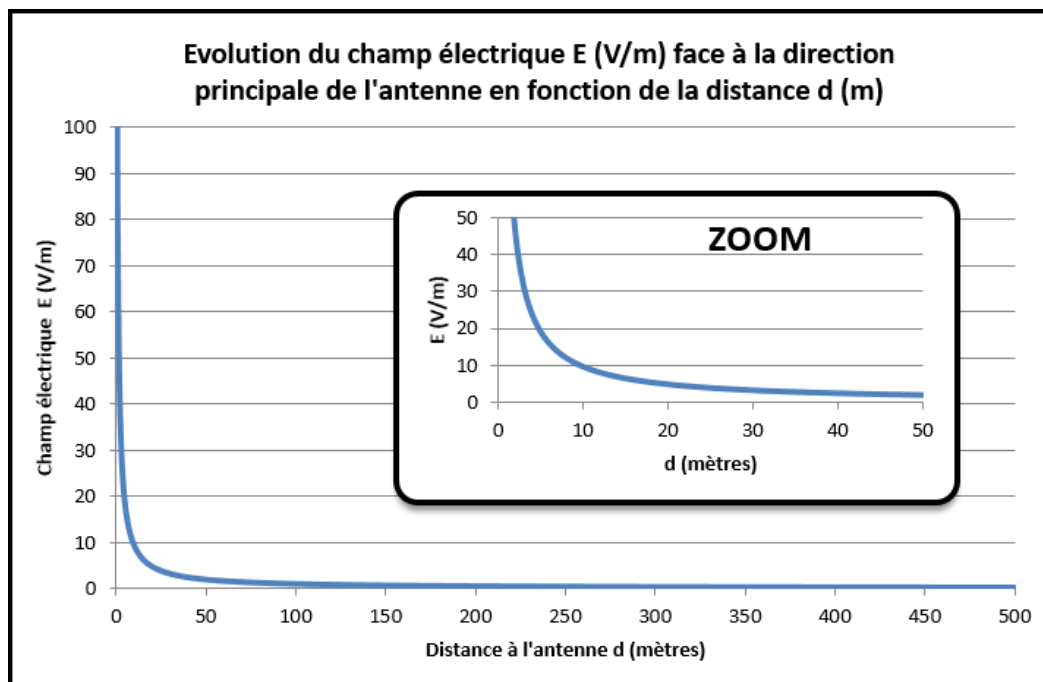
FH : Faisceaux Hertiens

DAB : Digital Audio Broadcasting

## Modèle de décroissance du champ électrique

Une antenne d'émission rayonne suivant un diagramme prédéfini. Pour comprendre son fonctionnement de rayonnement la comparaison la plus simple est celle du faisceau du phare guidant les bateaux, l'intensité est très élevée à proximité du phare, et le faisceau s'étale dès que l'on s'en éloigne. Le graphique ci-dessous montre la décroissance du champ électrique en fonction de la distance à partir d'un émetteur.

Cet émetteur est paramétré avec des valeurs courantes et émet à une puissance de 20W, pour un gain de 15,5 dbi, et un tilt vertical de  $-2,5^\circ$ .



Le champ électrique décroît rapidement en fonction de la distance. Le graphique ne traite que le cas d'un positionnement strictement dans l'axe de l'antenne et face à l'antenne, ce qui correspond aux positions d'exposition les plus élevées dans une configuration classique.

Plus on s'écarte de l'axe de l'antenne, plus le champ rayonné est faible, plus on est en dessous de l'antenne, plus l'exposition est faible. A ces concepts de rayonnement de base il convient de prendre en compte les différents paramétrages des antennes étudiées ainsi que les zones d'exposition spécifique des lobes secondaires.

Toutes ces spécificités sont prises en compte dans le choix du positionnement des points de mesures.

## 6.2 ANNEXE 2 : SYSTEME DE MESURE ET INCERTITUDE DE MESURE

### 6.2.1. Système de mesure et certificats d'étalonnage

Les tableaux ci-dessous répertorient les appareils utilisés lors de la mesure :

Equipement	Fabricant	Type	N° série / Version
Thermomètre - Hygromètre	NA	NA	NA
Logiciel de mesure	SIMUTECH	OSAM	7.5.0

Sonde isotropique large bande

Fabricant	Libellé	Type	N° de série	Date d'étalonnage
Wave Control	Champ-mètre	SMP3	23SL0061	15/04/2025
Wave Control	Sonde isotropique 100kHz-6GHz	WPF6	21WP060323	15/04/2025



CERTIFICATE OF CALIBRATION

Number 25/12019

Page 1 of 8 pages

LabCal - Wavecontrol  
Radio-electric Calibration Laboratory  
C/ Pallars 65-71  
08018 Barcelona



ITEM EM Field Meter  
+ Isotropic EM Field Probe

BRAND Wavecontrol

MODEL Meter: SMP3  
Probe: WPF6

IDENTIFICATION Meter: 23SL0061  
Probe: 21WP060323

APPLICANT SIMUTECH UAE  
4 AVENUE DE L'EUROPE  
78140 VILLIZY VILLACOUBLAY (France)

DATE/S OF CALIBRATION 15/04/2025

Authorized Signatories

Date of issue: 23/04/2025

David Guayerbas  
Laboratory Technician

Digital signature of  
ALEJANDRO CLUSIA MARTIN  
ALEJANDRO CLUSIA MARTIN  
Date: 2025.04.23  
Time: 11:42:20  
Reason: Wavecontrol  
Location: Barcelona

Laboratory Director

*This certificate is issued in accordance with the conditions of accreditation granted by ENAC, according to standard ISO 17025, which has assessed the measurement capability of the laboratory and its traceability to national standards. ENAC is one of the signatories of the Multilateral Agreement of the European Cooperation for Accreditation (EA) and the International Laboratories Accreditation Cooperation (ILAC).*


*This certificate has been issued by digital signature, any print of it will be considered a copy.*




Analyseur de spectre

Fabricant	Libellé	Type	N° de série	Date d'étalonnage
Narda	Analyseur de spectre	SRM-3006	G-0249	05/11/2025






**Czech Metrology Institute**  
Okružní 31, 638 00 Brno, Czech Republic  
phone +420 545 555 111  
www.cmi.cz



CIPM MRA



K 2202

Calibration laboratory No. 2202 accredited by the Czech Accreditation Institute according to ISO/IEC 17025:2017

**Laboratory:** Regional Inspectorate Praha, Radiová 1136/3, 102 00 Praha 10  
Department of primary metrology of RF electrical quantities, tel. +420 266 020 174,  
fax +420 266 020 169

### CERTIFICATE OF CALIBRATION

#### 1013-KL-60029-25

This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see www.bipm.org).

**Date of issue:** November 5<sup>th</sup>, 2025 Page 1 of 6

**Customer:** SIMUTECH  
4 avenue de l'Europe  
78140 Vélizy-Villacoublay  
France

**Measuring instrument:** Selective radiation meter


**Manufacturer:** Narda Safety Test Solutions GmbH


**Type:** SRM-3006


**Serial number:** G-0249

The results of the calibration have been obtained following the procedures reported in this Certificate and are related only to the calibrated measuring instrument, the date, place and conditions of the calibration.

**Date of calibration:** November 4<sup>th</sup>, 2025

**Calibrated by:**   
Tomáš Pavlíček




**Head of the Department:**   
Martin Hudlíčka

This document may only be reproduced in full, except with the prior written permission by the issuing laboratory.


Antenne H triaxiale 9kHz-250MHz

Fabricant	Libellé	Type	N° de série	Date d'étalonnage
Narda	Antenne H triaxiale 9kHz-250MHz	3581/02	AA-0185	07/11/2025





**Czech Metrology Institute**  
Okružní 31, 638 00 Brno, Czech Republic  
phone +420 545 555 111  
www.cmi.cz



**Laboratory:** Regional Inspectorate Praha, Radiová 1136/3, 102 00 Praha 10  
Department of primary metrology of RF electrical quantities, tel. +420 266 020 174,  
fax +420 266 020 169

### CERTIFICATE OF CALIBRATION

**1013-KL-30045-25**

This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see www.bipm.org).

Page 1 of 4

**Date of issue:** November 7<sup>th</sup>, 2025

**Customer:** SIMUTECH  
4 avenue de l'Europe  
78140 Vélizy-Villacoublay  
France

**Measuring instrument:** Three-Axis H-field probe

**Manufacturer:** Narda Safety Test Solutions GmbH


**Type:** 3581/02


**Serial number:** AA-0185


**Accessories:** Selective radiation meter Narda SRM-3006, P/N: 3006/01, S/N: G-0249  
RF-cable SRM, N 50 Ohm, Length 1.5 m, Narda, P/N: 3602/01, S/N: AB-2256

The results of the calibration have been obtained following the procedures reported in this Certificate and are related only to the calibrated measuring instrument, the date, place and conditions of the calibration.

**Date of calibration:** November 6<sup>th</sup>, 2025

**Calibrated by:**   
Tomáš Pavlíček




**Head of the Department:**   
Martin Hudlíčka

*This document may only be reproduced in full, except with the prior written permission by the issuing laboratory.*


Antenne E triaxiale 27MHz-3GHz

Fabricant	Libellé	Type	N° de série	Date d'étalonnage
Narda	Antenne E triaxiale 27MHz-3GHz	3501/03	K-1166	05/11/2025





**Czech Metrology Institute**  
Okružní 31, 638 00 Brno, Czech Republic  
phone +420 545 555 111  
www.cmi.cz



**Laboratory:** Regional Inspectorate Praha, Radiová 1136/3, 102 00 Praha 10  
Department of primary metrology of RF electrical quantities, tel. +420 266 020 174,  
fax +420 266 020 169

### CERTIFICATE OF CALIBRATION

**1013-KL-30043-25**

This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see www.bipm.org).

**Date of issue:** November 5<sup>th</sup>, 2025 Page 1 of 4

**Customer:** SIMUTECH  
4 avenue de l'Europe  
78140 Vélizy-Villacoublay  
France

**Measuring instrument:** Three-Axis E-field probe

**Manufacturer:** Narda Safety Test Solutions GmbH



**Type:** 3501/03


**Serial number:** K-1166

**Accessories:** Selective radiation meter Narda SRM-3006, P/N: 3006/01, S/N: G-0249  
RF-cable SRM, N 50 Ohm, Length 1.5 m, Narda, P/N: 3602/01, S/N: AB-2256


The results of the calibration have been obtained following the procedures reported in this Certificate and are related only to the calibrated measuring instrument, the date, place and conditions of the calibration.

**Date of calibration:** November 4<sup>th</sup>, 2025

**Calibrated by:**  **Head of the Department:** 



Tomáš Pavlíček




Martin Hudlíčka

This document may only be reproduced in full, except with the prior written permission by the issuing laboratory.


Antenne E triaxiale 420MHz-6GHz

Fabricant	Libellé	Type	N° de série	Date d'étalonnage
Narda	Antenne E triaxiale 420MHz-6GHz	3502/01	E-0012	06/11/2025





**Czech Metrology Institute**  
Okružní 31, 638 00 Brno, Czech Republic  
phone +420 545 555 111  
www.cmi.cz



**Laboratory:** Regional Inspectorate Praha, Radiová 1136/3, 102 00 Praha 10  
Department of primary metrology of RF electrical quantities, tel. +420 266 020 174,  
fax +420 266 020 169

### CERTIFICATE OF CALIBRATION

**1013-KL-30044-25**

This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see www.bipm.org).

**Date of issue:** November 6<sup>th</sup>, 2025 Page 1 of 5

**Customer:** SIMUTECH  
4 avenue de l'Europe  
78140 Vélizy-Villacoublay  
France

**Measuring instrument:** Three-Axis E-field probe

**Manufacturer:** Narda Safety Test Solutions GmbH



**Type:** 3502/01


**Serial number:** E-0012

**Accessories:** Selective radiation meter Narda SRM-3006, P/N: 3006/01, S/N: G-0249  
RF-cable SRM, N 50 Ohm, Length 1.5 m, Narda, P/N: 3602/01, S/N: AB-2256


The results of the calibration have been obtained following the procedures reported in this Certificate and are related only to the calibrated measuring instrument, the date, place and conditions of the calibration.

**Date of calibration:** November 5<sup>th</sup>, 2025

**Calibrated by:**  **Head of the Department:** 



Tomáš Pavlíček




Martin Hudlíčka

*This document may only be reproduced in full, except with the prior written permission by the issuing laboratory.*


Câble RF

Fabricant	Libellé	Type	N° de série	Date d'étalonnage
Narda	Câble RF	3602/01	AB-2256	04/11/2025





**Czech Metrology Institute**  
Okružní 31, 838 00 Brno, Czech Republic  
phone: +420 545 555 111  
www.cmi.cz



**Laboratory:** Regional Inspectorate Praha, Radiová 1136/3, 102 00 Praha 10  
Department of primary metrology of RF electrical quantities, tel. +420 266 020 174,  
fax +420 266 020 169

### CERTIFICATE OF CALIBRATION

**1013-KL-70141-25**

This certificate is consistent with the capabilities that are included in Appendix C of the MRA drawn up by the International Committee for Weights and Measures (CIPM). Under the MRA, all participating institutes recognize the validity of each other's calibration and measurement certificates for the quantities, ranges and measurement uncertainties specified in Appendix C (for details see www.bipm.org).

Page 1 of 4

**Date of issue:** November 4<sup>th</sup>, 2025

**Customer:** SIMUTECH  
4 avenue de l'Europe  
78140 Vélizy-Villacoublay  
France

**Measuring instrument:** Coaxial cable



**Manufacturer:** Narda Safety Test Solutions GmbH


**Type:** RF-cable SRM, N 50 Ohm, Length 1.5 m

**Serial number:** AB-2256


The results of the calibration have been obtained following the procedures reported in this Certificate and are related only to the calibrated measuring instrument, the date, place and conditions of the calibration

**Date of calibration:** November 3<sup>rd</sup>, 2025

**Calibrated by:**  **Head of the Department:** 



Tomáš Pavlíček



Martin Hudlíčka

*This document may only be reproduced in full, except with the prior written permission by the issuing laboratory.*

### 6.2.2. Détails des incertitudes de mesure

Les tableaux suivants fournissent le détail du calcul des incertitudes de mesure :

#### Cas A : évaluation globale de l'exposition (100kHz-6GHz)

Incertitudes des mesures du CAS A - champ mètre large bande - WP6 21WP060323					2025	3H
Source d'erreur	Valeur d'incertitude (dB)	Distribution de probabilité	Diviseur	C <sub>i</sub>	Incertitude standard (%)	
<b>Equipement de mesure</b>						
Etalonnage	1.5	Normale	2.0	1.0	9.2	
Isotropie	0.4	Normale	2.0	1.0	2.4	
Platitude en fréquence	2.6	Normale	2.0	1.0	17.5	
Linéarité	0.5	Rectangulaire	1.7	1.0	3.5	
Température/humidité	1.0	Rectangulaire	1.7	1.0	7.0	
<b>Paramètres liés à l'environnement</b>						
Influence opérateur	1.5	Rectangulaire	1.7	1.0	10.9	
Intégration spatiale	3.0	Rectangulaire	1.7	1.0	23.8	
Incertitude standard combinée %	33.8					
Incertitude étendue (%) (intervalle de confiance de 95%)	66.3					

#### Cas B : évaluation globale de l'exposition (100kHz-6GHz)

Incertitudes des mesures du CAS B - analyseur de spectre					2025
Source d'erreur	Valeur d'incertitude (dB)	Distribution de probabilité	Diviseur	C <sub>i</sub>	Incertitude standard (%)
<b>Equipement de mesure</b>					
Etalonnage	1.87	Normale	2.0	1	12.0
Analyseur	0.88	Normale	2.0	1	5.3
Isotropie	1.76	Rectangulaire	1.7	1	13.0
Dérive	1	Rectangulaire	1.7	1	7.0
Température/humidité	1	Normale	2.0	1	6.1
Variation facteur d'étalonnage	0.69	Rectangulaire	1.7	1	4.8
Réponse en amplitude	0.77	Rectangulaire	1.7	1	5.4
<b>Paramètres liés à l'environnement</b>					
Influence opérateur	1.5	Rectangulaire	1.7	1	10.9
Intégration spatiale	3	Rectangulaire	1.7	1	24.3
Incertitude standard combinée (%)	34,4				
Incertitude étendue (%) (intervalle de confiance de 95%)	67,5				

Dans le cadre d'une démarche scientifique, il est fondamental d'associer une incertitude à chaque résultat. L'incertitude de mesure est un paramètre non négatif qui caractérise la dispersion des valeurs attribuées à une mesure, à partir des informations utilisées. L'incertitude du résultat d'une mesure ou d'une simulation reflète donc l'impossibilité de connaître exactement la valeur du niveau de champ. Le résultat peut, sans qu'on le sache, être très proche de la valeur réelle même s'il possède une incertitude élevée. C'est pourquoi l'incertitude du résultat ne doit pas être confondue avec l'erreur résiduelle inconnue. L'évaluation de l'incertitude nécessite d'identifier toutes les sources d'erreurs (méthode, environnement, appareils de mesure, ...) et elle est ici exprimée en pourcentage. Par exemple une incertitude de 40 % pour une valeur de 1 V/m signifie que le résultat se situe dans l'intervalle de confiance (dans 95 % des cas) [0,7 V/m - 1,4 V/m] avec comme valeur la plus probable 1 V/m (la distribution des valeurs probables suit une loi dite normale).