

RAPPORT D'ÉTUDE
N° - DRC-17-164510-08133B -

16/01/2018

Caractérisation de champmètres grand public

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Caractérisation de champmètres grand public

Direction des Risques Chroniques (DRC)
Pôle dangers et impact sur le vivant (VIVA)
Unité de Toxicologie Expérimentale (TOXI)

Client : Ministère en charge de l'Environnement

Liste des personnes ayant participé à l'étude : René de SEZE – Patrice CAGNON

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Patrice CAGNON	René de SEZE	Eric THYBAUD
Qualité	Technicien, Direction des Risques Accidentels	Chercheur senior, Direction des Risques Chroniques	Responsable du pôle « dangers et impact sur le vivant »
Visa			

RESUME

Il existe des champmètres grand public, commercialisés en grande surface, en magasin spécialisé ou via internet, pour mesurer le champ électrique. L'étude consiste à caractériser la précision et la gamme d'intensités de ces équipements en fonction de la fréquence.

Les tests ont été réalisés dans une chambre anéchoïque avec du matériel étalonné. Six appareils ont été évalués :

- Détecteur haute et basse fréquence esi 24 de chez E.P.E CONSEIL,
- Analyseur de champs électriques et magnétiques de basse fréquence ME3030B de chez M/E-Analyser,
- Mesureur de champs électromagnétiques TES-92 de chez TES,
- HF 32D HF-Analyser de chez GIGAHERTZ SOLUTIONS,
- HFE 35C HF-Analyser de chez GIGAHERTZ SOLUTIONS
- HF 59B HF-Analyser de chez GIGAHERTZ SOLUTIONS

L'esi 24 mesure le champ ELF et le champ RF. Le ME 3030B mesure le champ ELF. Les autres appareils mesurent le champ RF.

Pour le champ ELF :

l'esi 24 mesure le champ magnétique entre 20 et 1 000 nT (0,02 à 1 μ T), et le champ électrique entre 6 et 50 V/m.

Ces niveaux sont très inférieurs aux valeurs réglementaires d'exposition du public, de 100 μ T pour le champ magnétique et de 5 kV/m pour le champ électrique.

Les valeurs mesurées sont fortement surestimées pour les plus faibles niveaux mesurés de champ magnétique (jusqu'à un facteur 6 pour les premiers niveaux de la LED jaune – 20 nT), mais sont corrects pour les plus forts niveaux mesurés (précision meilleure que 20% pour les niveaux avec une LED rouge (200-1000 nT).

Le MB3030B mesure le champ magnétique ELF de 1 à 2000 nT et le champ électrique de 1 à 2000 V/m.

La valeur du champ magnétique est correcte quand l'appareil est tenu verticalement vers le haut. Celle du champ électrique est correcte quand ce dernier est polarisé selon l'axe antéro-postérieur de l'appareil tenu verticalement.

Comme pour l'esi 24, le niveau mesuré du champ magnétique est très inférieur à la valeur réglementaire d'exposition du public, de 100 μ T ; il est aussi inférieur à la valeur réglementaire de 5 kV/m pour le champ électrique (facteur 2-3).

Pour le champ RF, aucun de ces appareils n'indique la fréquence des émissions, ils ne sont donc pas des analyseurs. Il est par contre important de connaître la fréquence d'émission pour pouvoir interpréter les valeurs indiquées et avoir une idée correcte de la mesure réelle.

En émission continue CW, de type antennes :

La plage de fréquences indiquée par l'esi 24 est de 50 MHz à 8 GHz, et la gamme d'intensités de 0,01 à 1,5 V/m.

Les valeurs mesurées sont correctes à 2,5 GHz, mais fortement sous-estimées à 5 GHz (/4), 900 MHz (/13) et 1,9 GHz (/32).

L'HF-32D mesure entre 800 MHz et 2,7 GHz, des niveaux de champ jusqu'à 0,87 V/m. La précision est correcte.

L'HFE-35C fonctionne avec une antenne log-périodique entre 800 MHz et 2,7 GHz (idem HF 32D) ou avec une sonde isotropique UBB27 G3 entre 27 MHz et 3,3 GHz. Les niveaux de champ sont mesurés jusqu'à 0,9 V/m. Les niveaux indiqués sont légèrement sous-estimés, mais dans les tolérances indiquées par le constructeur.

Pour ces quatre appareils, les niveaux mesurés sont très inférieurs aux valeurs réglementaires d'exposition du public pour le champ électrique RF, de 28 V/m entre 10 et 400 MHz, et de 61 V/m au-delà de 2 GHz.

Le TES-92 mesure des champs à des fréquences entre 50 MHz et 3,5 GHz, pour des intensités indiquées de 0,02 à 108 V/m.

En pratique, il sature au-delà de 10 V/m. Les valeurs mesurées sont correctes pour le GSM 1800, la 3G 2100 MHz, et le DECT à 1900 MHz, mais elles sont sous-estimées pour le WiFi et surestimées, parfois fortement pour les bandes FM, TV, LTE 800 MHz et GSM 900 MHz.

Ces niveaux sont inférieurs aux valeurs réglementaires d'exposition du public pour le champ électrique RF, de 28 V/m entre 10 et 400 MHz, et de 61 V/m au-delà de 2 GHz.

L'HF-59B fonctionne avec une antenne log-périodique entre 800 MHz et 3 GHz. Les niveaux indiqués vont de 1 à 30 V/m, sur 3 échelles d'intensité. Les valeurs sont correctes sur l'échelle d'intensité moyenne (3 V/m - « 0 dB »), très sous-estimées sur l'échelle basse (1 V/m - « +10 dB », facteur 7), très surestimées sur l'échelle haute (30 V/m - « -20 dB », facteur 10).

Pour le champ RF en émission modulée GSM, de type portable ou téléphone sans fil :

En émission modulée selon le mode GSM à 900 et 1800 MHz, les LEDs de l'esi 24 s'allument pour un niveau double d'une émission continue ; la sous-estimation est plus importante pour ce type d'émission en modulation GSM.

L'HF-32D, l'HFE-35C et le TES-92 mesurent correctement la valeur moyenne du champ.

L'HFE-35C permet aussi une mesure correcte de la valeur pic (ou crête) de l'impulsion.

L'HF-59B sous-estime plus le champ en émission modulée GSM qu'en émission continue (2 fois plus).

Ces résultats sont plus détaillés dans le texte, dans les pages indiquées ci-après :

Tableau de synthèse : Modèles évalués et situation des conclusions dans le rapport

Matériel Modèle	Prix Euro	Champ	Gamme de fréquence	Gamme d'intensités	Valeurs limites	Conclusion Pages
ME 3030B	121	Magnétique Electrique	ELF : 5 Hz–100 kHz	0,02–1 μ T 6–50 V/m Faibles niveaux	100 μ T 5000 V/m	Valeurs correctes pour le champ magnétique Pour le champ électrique, mesurer dans 3 directions perpendiculaires et faire une somme quadratique. 39
esi 24	228	Magnétique Electrique	ELF : 16 Hz–3 kHz et RF : 50 MHz–8 GHz inclue FM et TV, et WiFi 5 GHz	0,001–2 μ T 1–2000 V/m 0,01–1,5 V/m Faibles niveaux	100 μ T 5000 V/m 28–61 V/m	Valeurs faibles surestimées (LED jaune) Valeurs correctes à 2,45 GHz seulement (WiFi et fours micro-ondes), sous-estimées pour les autres fréquences, radio FM, télé et téléphonie mobile (+ en mode pulsé) 30 à 34
HF-32D	200	Electrique	RF : 800 MHz–2,7 GHz n'inclue pas FM et TV	0–0,9 V/m Faibles niveaux	28–61 V/m	Précision correcte 52
HFE-35C	754	Electrique	RF : 27 MHz–3,3 GHz inclue FM et TV	0–0,9 V/m Faibles niveaux	28–61 V/m	Légère sous-estimation, incertitude correcte 63 et 73

Matériel Modèle	Prix Euro	Champ	Gamme de fréquence	Gamme d'intensités	Valeurs limites	Conclusion Pages
TES-92	199	Electrique	RF : 50 MHz–3,5 GHz inclue FM et TV	0,02–10,8 V/m Niveaux moyens	28–61 V/m	Niveaux corrects pour la téléphonie mobile à 1800-2100 MHz et la téléphonie sans fil, sous-estimées pour WiFi et fours micro-ondes surestimées, pour la FM, la TV, et téléphonie mobile 800-900 MHz Limite (saturation) autour de 10 V/m au lieu de 108 V/m indiqué 44
HF-59B	1176	Electrique	RF : 800 MHz–3 GHz n'inclue pas FM et TV	1–30 V/m Niveaux moyens	28–61 V/m	Niveaux corrects en échelle moyenne, sous-estimés en échelle basse (+ en mode pulsé), surestimés en échelle haute 82

Aucun de ces appareils n'indique la fréquence de l'émission. Ce ne sont donc pas des analyseurs, mais des champmètres.

TABLE DES MATIÈRES

1. CONTEXTE	10
2. MATERIEL D'ESSAI	10
3. DETECTEUR E.P.E. CONSEIL ESI 24 (PRIX : 228 €).....	12
3.1 Principe de fonctionnement.....	12
3.2 Caractéristiques techniques (données constructeur)	13
3.3 Caractérisation à l'aide de sondes professionnelles.....	16
3.4 Conclusion	30
4. ANALYSEUR GIGAHERTZ SOLUTIONS ME 3030B (PRIX : 120,40 €)	35
4.1 Principe de fonctionnement.....	35
4.2 Caractéristiques techniques (données constructeur)	36
4.3 Caractérisation vis-à-vis de sondes professionnelles.....	36
4.4 Conclusion	39
5. TES ELECTROSMOG METER TES-92 (PRIX : 198,86 €).....	41
5.1 Principe de fonctionnement.....	41
5.2 Caractéristiques techniques (données constructeur)	41
5.3 Caractérisation avec des sondes professionnelles	42
6. HF 32D HF-ANALYSEUR (PRIX : 200 €).....	47
6.1 Principe de fonctionnement.....	47
6.2 Caractéristiques techniques (gigahertz solutions)	48
6.3 Caractérisation avec des sondes professionnelles	48
6.4 Conclusion	52
7. HFE 35C HF-ANALYSEUR (PRIX : 753,18 €)	52
7.1 Principe de fonctionnement.....	52
7.2 Caractéristiques techniques (ExperCem).....	53
7.3 Caractérisation avec des sondes professionnelles	53
8. HF 59B HF-ANALYSEUR (PRIX : 1 176 €).....	73
8.1 Principe de fonctionnement.....	73
8.2 Caractéristiques techniques	74
8.3 Caractérisation avec des sondes professionnelles	74

1. CONTEXTE

Il existe des champmètres grand public, commercialisés en grande surface, en magasin spécialisé ou via internet, pour mesurer le champ électrique. L'étude consiste à caractériser la précision et la gamme d'intensités de ces équipements en fonction de la fréquence.

Nous avons identifié six modèles :

- Détecteur haute et basse fréquence esi 24 de chez E.P.E CONSEIL,
- Analyseur de champs électriques et magnétiques de basse fréquence ME3030B de chez M/E-Analyser,
- Mesureur de champs électromagnétiques TES-92 de chez TES,
- HF 32D HF-Analyser de chez GIGAHERTZ SOLUTIONS,
- HFE 35C HF-Analyser de chez GIGAHERTZ SOLUTIONS
- HF 59B HF-Analyser de chez GIGAHERTZ SOLUTIONS

2. MATERIEL D'ESSAI

Les tests ont été réalisés dans une chambre anéchoïque qui se comporte comme une cage de Faraday. C'est une enceinte protégée des rayonnements électromagnétiques extérieurs existant dans les régions industrialisées. Réciproquement, elle permet de créer volontairement des champs électromagnétiques internes de forte puissance sans perturber l'environnement extérieur. Pour éviter les réflexions des ondes et optimiser la caractérisation de l'exposition, des absorbants électromagnétiques sont placés sur les parois et le sol.

Tableau 1 : Matériel d'essai basse fréquence

Installation d'essai basse fréquence	Constructeur
Alimentation programmable (15 Hz–2 kHz)	Chroma
Boucle magnétique FESP5133-1330 (0-20 kHz)	Schwarzbeck
Mesureur de champs électromagnétiques PMM8053A	Narda
Sonde de champ électrique et magnétique EHP50C (5 Hz-100 kHz)	Narda

La référence, pour la mesure basse fréquence (BF), est la sonde EHP50C :

- certificat de calibration n°10529-RC507
- date d'émission 10/07/2015
- incertitude de mesure constructeur $\leq 0,5$ dB
- incertitude d'étalonnage $\leq 0,26$ dB pour E et $\leq 0,17$ dB pour H à 50 Hz
- facteurs de correction mémorisés dans la mémoire EEPROM du champmètre

Tableau 2 : Matériel d'essai haute fréquence

Installation d'essai haute fréquence	Constructeur
Synthétiseur SMB 100A (9 kHz-6 GHz)	Rohde & Schwarz (R&S)
Amplificateur CMCE300 (20-1000 MHz 300W)	ifi
Antenne cornet BBHA9120E (0,5-6 GHz)	Schwarzbeck
Mesureur de champ EP601 (10 kHz-9 GHz)	Narda
Antenne bi-log EM6917 (20-1000 MHz)	Electro-Metrics
Amplificateur SX40/15D (0,8-6 GHz 40/15 W)	Prana
Antenne cornet BBHA9120D (0,8-18 GHz)	Schwarzbeck
Analyseur de spectre FSV30 (9 kHz-30 GHz)	R&S

Les références, pour la mesure haute fréquence (HF), sont :

1. Le mesureur de champ EP601 :
 - certificat de calibration n°60803839E
 - date d'émission 04/08/2016
 - incertitude de mesure constructeur $\leq 0,5$ dB
 - incertitude d'étalonnage $\leq 0,14$ dB
 - facteurs de correction mémorisés dans l'EEPROM du champmètre

2. L'antenne BBHA 9120D :
 - certificat de calibration n° 002 D-K-15195-01-00 2013-06
 - date d'émission 07/06/2013
 - incertitude d'étalonnage
 - $< 1,0$ dB pour $F < 12$ GHz
 - $< 1,8$ dB pour $F > 12$ GHz

3. Associé à l'analyseur de spectre FSV30 :
 - Certificat de calibration n° 0064 D-K-15195-01-00 2014-10
 - Date d'émission 02/10/2014
 - Incertitude d'étalonnage rapport R&S

4. Ou associé au récepteur de mesure MXE N9038A
 - Certificat de calibration n° 4194227-5037120-1
 - Date d'émission 29/04/2016
 - Incertitude d'étalonnage rapport KEYSIGHT Technologies

3. DETECTEUR E.P.E. CONSEIL ESI 24 (PRIX : 228 €)

3.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



Photo 1 : ESI 24 - LEDs : Verte – Jaune1 – Jaune2 – Rouge1 – Rouge2

L'esi 24 présente deux modes de détection :

- Détection simultanée des champs magnétique et électrique BF (magnetic – electric) de 16 Hz à 3 kHz ainsi que la puissance de rayonnement HF de 50 MHz à 8 GHz (hf wave)
 - magnétique (magnetic - 5 LED de couleurs 1 verte, 2 jaunes et 2 rouges pour l'indication du niveau mesuré), exemple : transformateur, fours, lignes HT,
 - électrique (electric – 5 LED de couleurs 1 verte, 2 jaunes et 2 rouges pour l'indication du niveau mesuré), exemple : lignes électriques, alimentations électriques, appareils électriques,
 - hautes fréquences (hf wave – 5 LED de couleurs 1 verte, 2 jaunes et 2 rouges pour l'indication du niveau mesuré), exemple : antenne relais, GSM, téléphone DECT, Wi-Fi, four micro-ondes.
- Détection FULL HF de 50 MHz à 8 GHz
Pour passer en mode FULL HF, il faut appuyer brièvement une fois sur le bouton select. La LED n° 1 (en bas à gauche) indique un niveau faible tandis que la LED n° 15 (en haut à droite) affiche le niveau d'émission le plus important.

Le détecteur capte la présence ou non d'une grandeur physique (valeur de crête détectée), autour d'un seuil prédéfini. Les détecteurs n'affichent pas une valeur précise mais délivrent une information visuelle dans une échelle de valeurs à l'aide de diodes électroluminescentes colorées à laquelle s'ajoute souvent un signal sonore.

Ce n'est pas un mesureur, qui lui consiste à comparer la valeur d'une grandeur physique qui caractérise un objet (ou un événement) avec celle de même nature choisie comme unité de mesure.

3.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES (DONNEES CONSTRUCTEUR)

3.2.1 CHAMPS MAGNETIQUE ET ELECTRIQUE BF

Les niveaux (valeur crête) de détection sont donnés pour la bande de fréquence de 16 Hz à 3 kHz. Ils couvrent donc la fréquence du secteur à 50 Hz et les harmoniques, en particulier 150 et 300 Hz.

Tableau 3 : ESI 24 – Basse fréquence - Valeurs indiquées par le constructeur à l'allumage des LEDs

LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
H nT	< 20	20-80	80-120	120-160	160-200	200-300	300-400	400-1000	> 1000
E V/m	< 6	6-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-50	> 50

H = champ magnétique en nano Tesla - E = champ électrique en Volt par mètre

Les 2 LEDs rouges R1 et R2 s'allument pour un champ magnétique supérieur à 0,4 μ T, qui correspond à la valeur moyenne annuelle seuil identifiée dans les études épidémiologiques pour une association avec un risque augmenté de leucémie infantile.

Les valeurs indiquées par ces appareils ne sont pas en lien avec les valeurs limites d'exposition recommandées et définies par la réglementation française et européenne.

Les valeurs limites de champ magnétique indiquées par la réglementation française sont de 100 μ T dans le décret 2002-775 et de 1 μ T à proximité d'établissements sensibles dans l'instruction DEVP1309892J du 15 avril 2013.

Pour le champ électrique, les valeurs de détection (30-50 V/m) sont très inférieures à la valeur limite de 5 kV/m préconisée dans les recommandations et la réglementation.

3.2.2 CHAMP ELECTRIQUE HF (HF WAVE)

Le niveau détecté est donné en $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (micro Watt par mètre carré) pour 4 fréquences dans la bande de 50 MHz à 8 GHz. La ligne du dessous convertit la puissance P ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) en champ électrique E (Volt par mètre = V/m).

Tableau 4 : ESI 24 – Haute fréquence - Valeurs indiquées par le constructeur à l'allumage des LEDs

LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
P à 0,9 GHz	< 2	2-4	4-10	10-20	20-30	30-50	50-75	75-100	> 100
E (V/m)	< 0,03	0,03-0,04	0,04-0,06	0,06-0,09	0,09-0,11	0,11-0,14	0,14-0,17	0,17-0,19	> 0,19
P à 1,9 GHz	< 10	10-20	20-45	45-85	85-130	130-200	200-300	300-450	> 450
E (V/m)	< 0,06	0,06-0,09	0,09-0,13	0,13-0,18	0,18-0,22	0,22-0,27	0,27-0,34	0,34-0,41	> 0,41
P à 2,5 GHz	< 20	20-40	40-100	100-200	200-300	300-500	500-750	750-1000	> 1000
E (V/m)	< 0,09	0,09-0,12	0,12-0,19	0,19-0,27	0,27-0,34	0,34-0,43	0,43-0,53	0,53-0,61	> 0,61
P à 5 GHz	< 80	80-150	150-380	380-750	750-1100	1100-1850	1850-2800	2800-3900	> 3900
E (V/m)	< 0,17	0,17-0,24	0,24-0,38	0,38-0,53	0,53-0,64	0,64-0,84	0,84-1,03	1,03-1,21	> 1,21

La notice ne donne des valeurs que pour 4 fréquences : 0,9 – 1,9 – 2,5 et 5 GHz. Pour la bande de fréquence de 50 MHz à 900 MHz, il n'y a pas de donnée.

3.2.3 CHAMP ELECTRIQUE HF (MODE FULL HF)

Le niveau détecté est donné, dans la notice, en $\mu\text{W}/\text{m}^2$ (micro Watt par mètre carré) pour les 4 mêmes fréquences : 0,9 – 1,9 – 2,5 et 5 GHz. Pour la bande de fréquence de 50 à 900 MHz, il n'y a pas de donnée ; les mesures que nous avons faites permettront d'évaluer la réponse de l'appareil, par exemple aux fréquences de 100 MHz pour la FM et de 400 MHz pour la TV.

La sensibilité est accrue, avec 14 niveaux au lieu de 9.

Tableau 5 : ESI 24 – Haute fréquence – Mode Full HF
Valeurs indiquées par le constructeur à l'allumage des LEDs

LED	0,9 GHz	1,9 GHz	2,5 GHz	5 GHz
1 + 2	> 0,06 ($< 0,01 \text{ V/m}$)	> 0,25 ($0,01 \text{ V/m}$)	> 0,6 (0,02V/m)	> 2,5 ($0,03 \text{ V/m}$)
3	> 0,25 ($0,01 \text{ V/m}$)	> 1,0 ($0,02 \text{ V/m}$)	> 2,5 ($0,03 \text{ V/m}$)	> 10 ($0,06 \text{ V/m}$)
4	> 1,0 ($0,02 \text{ V/m}$)	> 4,2 ($0,04 \text{ V/m}$)	> 10 ($0,06 \text{ V/m}$)	> 40 ($0,12 \text{ V/m}$)
5	> 2,2 ($0,03 \text{ V/m}$)	> 8,8 ($0,06 \text{ V/m}$)	> 20 ($0,09 \text{ V/m}$)	> 80 ($0,17 \text{ V/m}$)
6	> 4,2 ($0,04 \text{ V/m}$)	> 17,0 ($0,08 \text{ V/m}$)	> 40 ($0,12 \text{ V/m}$)	> 150 ($0,24 \text{ V/m}$)
7	> 5,5 ($0,05 \text{ V/m}$)	> 22,0 ($0,09 \text{ V/m}$)	> 50 ($0,14 \text{ V/m}$)	> 200 ($0,27 \text{ V/m}$)
8	> 8,5 ($0,06 \text{ V/m}$)	> 33,0 ($0,11 \text{ V/m}$)	> 75 ($0,17 \text{ V/m}$)	> 300 ($0,34 \text{ V/m}$)
9	> 11,0 ($0,06 \text{ V/m}$)	> 43,0 ($0,13 \text{ V/m}$)	> 100 ($0,19 \text{ V/m}$)	> 380 ($0,38 \text{ V/m}$)
10	> 27,0 ($0,10 \text{ V/m}$)	> 105 ($0,20 \text{ V/m}$)	> 250 ($0,31 \text{ V/m}$)	> 950 ($0,60 \text{ V/m}$)
11	> 52,0 ($0,14 \text{ V/m}$)	> 205 ($0,28 \text{ V/m}$)	> 500 ($0,43 \text{ V/m}$)	> 1850 ($0,84 \text{ V/m}$)
12	> 78,0 ($0,17 \text{ V/m}$)	> 310 ($0,34 \text{ V/m}$)	> 750 ($0,53 \text{ V/m}$)	> 2800 ($1,03 \text{ V/m}$)
13	> 110 ($0,20 \text{ V/m}$)	> 435 ($0,40 \text{ V/m}$)	> 1000 ($0,61 \text{ V/m}$)	> 3900 ($1,21 \text{ V/m}$)
14	> 140 ($0,23 \text{ V/m}$)	> 550 ($0,46 \text{ V/m}$)	> 1250 ($0,69 \text{ V/m}$)	> 5000 ($1,37 \text{ V/m}$)
15	> 165 ($0,25 \text{ V/m}$)	> 650 ($0,50 \text{ V/m}$)	> 1500 ($0,75 \text{ V/m}$)	> 5900 ($1,49 \text{ V/m}$)

Les LEDs s'allument donc pour des niveaux de champs électrique entre 0,03 et 1,5 V/m, très inférieurs aux valeurs limites de champ électrique préconisées dans les recommandations et la réglementation pour le public : 28 V/m entre 10 et 400 MHz, et jusqu'à 61 V/m à 2 GHz et au-delà.

3.3 CARACTERISATION A L'AIDE DE SONDES PROFESSIONNELLES

3.3.1 CHAMP MAGNETIQUE BF

Nous générons un champ magnétique avec l'alimentation programmable, à la fréquence du réseau de 50 Hz, associée à la boucle magnétique. La mesure se fait par substitution, c'est-à-dire qu'une fois le champ établi et mesuré par la sonde EHP50C celle-ci est remplacée par le détecteur esi 24.



Photo 2 : ESI 24 – Matériels utilisés dans la chambre anéchoïque pour la mesure du champ magnétique BF

Tableau 6 : ESI 24 – Champ magnétique Basse fréquence - Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

EHP50C		Indication de l'état des LED du détecteur					
H nT		LED	V	J1	J2	R1	R2
MAX	24	magnetic					
MIN	20	electric					
RMS	24	hf wave					
MAX	123	magnetic					
MIN	120	electric					
RMS	123	hf wave					
MAX	150	magnetic					
MIN	148	electric					
RMS	150	hf wave					
MAX	192	magnetic					
MIN	189	electric					
RMS	189	hf wave					
MAX	246	magnetic					
MIN	239	electric					
RMS	243	hf wave					
MAX	287	magnetic					
MIN	279	electric					
RMS	281	hf wave					
MAX	442	magnetic					
MIN	431	electric					
RMS	439	hf wave					
MAX	563	magnetic					
MIN	555	electric					
RMS	556	hf wave					
MAX	845	magnetic					
MIN	834	electric					
RMS	834	hf wave					

La couleur représente le niveau indiqué par les LED de l'esi 24

Tableau 7 : ESI 24 – Champ magnétique Basse fréquence –
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
H nT ESI 24	< 20	20-80	80-120	120-160	160-200	200-300	300-400	400-1000	> 1000
H nT EHP50C	24	123	150	189	243	281	439	556	834

La sensibilité s'améliore pour un champ magnétique de plus en plus fort. L'éclairage des LEDs sous-estime le champ jusqu'à l'éclairage J2 seul et pour R1 seul. Il est correct pour J2/R1, R1/R2 et il le surestime pour R2 seul (indication d'une valeur supérieure à 1000 nT à partir de 834 nT). Sinon, globalement, l'indication de l'appareil correspond à la notice du constructeur qui stipule que les valeurs mesurées sont strictement indicatives.

Donc, par rapport à la valeur limite de 1 µT indiquée dans l'instruction DEVP1309892J du 15 avril 2013, cet appareil surévalue le champ de 19%.

3.3.2 CHAMP ELECTRIQUE BF

Les valeurs mesurées sont données en V/m. Le champ électrique est généré avec un projecteur équipé de lampes LED 1200 Lm, qui produit un champ à la fréquence du réseau de 50 Hz, des harmoniques basses fréquences, et un rayonnement BF dans la gamme des kHz. La mesure se fait par substitution, c'est-à-dire qu'une fois le champ établi, il est mesuré par le détecteur esi 24 puis celui-ci est remplacé par la sonde EHP50C.



Photo 3 : ESI 24 – Matériels utilisés dans la chambre anéchoïque pour la mesure du champ électrique BF

Tableau 8 : ESI 24 – Champ électrique Basse fréquence - Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

EHP50C		Indication de l'état des LED du détecteur					
E V/m		LED	V	J1	J2	R1	R2
MAX	5,4	magnetic					
MIN	4,9	electric					
RMS	4,9	hf wave					
MAX	8,3	magnetic					
MIN	6,6	electric					
RMS	8,1	hf wave					
MAX	26	magnetic					
MIN	26	electric					
RMS	26	hf wave					
MAX	35	magnetic					
MIN	34	electric					
RMS	34	hf wave					
MAX	41	magnetic					
MIN	41	electric					
RMS	41	hf wave					
MAX	49	magnetic					
MIN	49	electric					
RMS	49	hf wave					
MAX	60	magnetic					
MIN	60	electric					
RMS	60	hf wave					
MAX	82	magnetic					
MIN	82	electric					
RMS	82	hf wave					
MAX	167	magnetic					
MIN	167	electric					
RMS	167	hf wave					

Tableau 9 : ESI 24 – Champ électrique Basse fréquence –
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
E V/m esi 24	< 6	6-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-50	> 50
E V/m EHP50C	4,9	8,1	26	34	41	49	60	82	167

Le rapport lorsque R2 s'allume seule est d'un facteur 3. L'appareil est moins sensible qu'annoncé et sous-évalue le niveau de champ électrique. Ceci n'a pas d'implication par rapport à la valeur réglementaire de 5 kV/m.

3.3.3 CHAMP ELECTRIQUE HF

Les valeurs mesurées sont données dans la notice pour 4 fréquences en $\mu\text{W}/\text{m}^2$ et en V/m . Un niveau de champ électromagnétique, sans modulation (CW), est généré progressivement puis mesuré avec l'analyseur de spectre FSV30 (max hold) lors de l'allumage d'une LED.

Il n'y a pas d'information dans la notice pour les fréquences inférieures à 900 MHz en CW, ni pour l'exposition GSM 1800 MHz. Nous avons choisi une fréquence dans la bande FM = 100 MHz et une fréquence dans la bande TV = 400 MHz. Pour le mode pulsé, les 2 fréquences GSM ont été retenues : 900 et 1800 MHz, avec comme modulation GSM UL : période = 4 600 μs – 1/8 du temps = 576 μs .

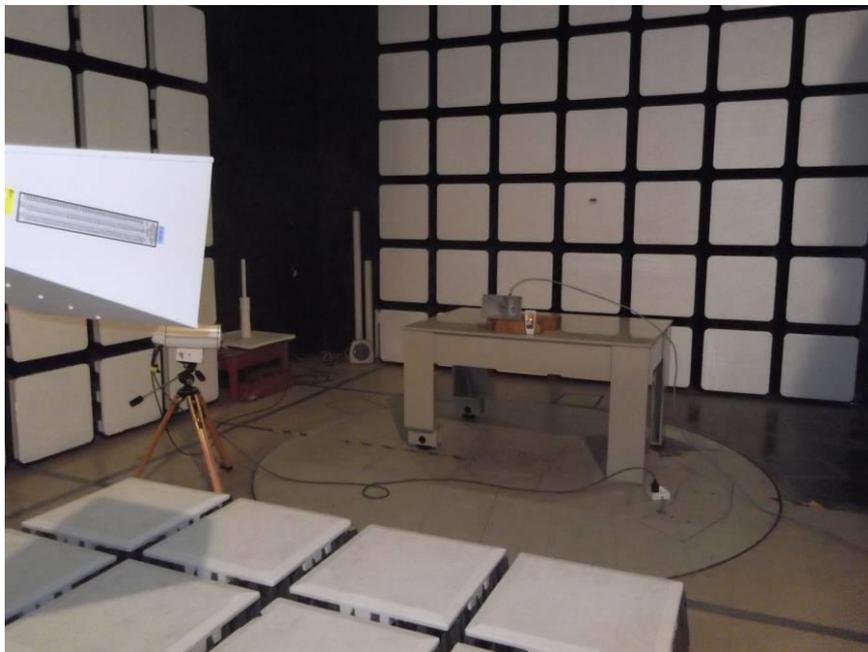


Photo 4 : ESI 24 – Matériels utilisés dans la chambre anéchoïque pour la mesure du champ électrique HF

Tableau 10 : ESI 24 – Champ électrique Haute fréquence – 900 MHz
Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

FSV30 F = 900 MHz $\mu\text{W}/\text{m}^2$	Indication de l'état des LED du détecteur					
	LED	V	J1	J2	R1	R2
<50	magnetic					
	electric					
	hf wave					
50-70	magnetic					
	electric					
	hf wave					
70-130	magnetic					
	electric					
	hf wave					
130-260	magnetic					
	electric					
	hf wave					
260-500	magnetic					
	electric					
	hf wave					
500-640	magnetic					
	electric					
	hf wave					
640-1330	magnetic					
	electric					
	hf wave					
1330-1870	magnetic					
	electric					
	hf wave					
>1870	magnetic					
	electric					
	hf wave					

Fréquence = 0,9 GHz

Tableau 11 : ESI 24 – Champ électrique Haute fréquence – 900 MHz
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs. Correspondance en V/m

LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
P ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) constructeur	< 2	2-4	4-10	10-20	20-30	30-50	50-75	75-100	> 100
P ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) mesuré	< 50	50-70	70-130	130-260	260-500	500-640	640-1330	1330-1870	> 1870
E (V/m) mesuré	< 0,14	0,14-0,16	0,16-0,22	0,22-0,31	0,31-0,43	0,43-0,49	0,49-0,71	0,71-0,84	> 0,84

Les mesures indiquées par le détecteur à une fréquence de 900 MHz sont 13 à 25 fois inférieures à celles mesurées par l'analyseur de spectre étalonné. La gamme des champs mesurés est entre 0,14 et 0,84 V/m.

Tableau 12 : ESI 24 – Champ électrique Haute fréquence – 1900 MHz
Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

FSV30 F = 1900 MHz μW/m ²	Indication de l'état des LED du détecteur					
	LED	V	J1	J2	R1	R2
<260	magnetic					
	electric					
	hf wave					
260-430	magnetic					
	electric					
	hf wave					
430-1160	magnetic					
	electric					
	hf wave					
1160-2100	magnetic					
	electric					
	hf wave					
2100-2570	magnetic					
	electric					
	hf wave					
2570-5170	magnetic					
	electric					
	hf wave					
5170-7290	magnetic					
	electric					
	hf wave					
7290-9240	magnetic					
	electric					
	hf wave					
>9240	magnetic					
	electric					
	hf wave					
Rapport mesure FSV30 / données constructeur						
26						
21,5						
25,8						
24,7						
19,8						
25,9						
24,3						
20,5						
20,5						

Tableau 13 : Champ électrique Haute fréquence – 1900 MHz
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs. Correspondance en V/m

LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
P ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) constructeur	< 10	10-20	20-45	45-85	85-130	130-200	200-300	300-450	> 450
P ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) mesuré	< 260	260-430	430-1160	1160-2100	2100-2570	2570-5170	5170-7290	7290-9240	> 9240
E (V/m) mesuré	< 0,3	0,3-0,4	0,4-0,7	0,7-0,9	0,9-1,0	1,0-1,4	1,4-1,7	1,7-1,9	> 1,9

Les mesures indiquées par le détecteur à une fréquence de 1 900 MHz sont 20 à 26 fois inférieures à celles mesurées par l'analyseur de spectre étalonné. **La gamme des champs mesurés est entre 0,3 et 1,9 V/m.**

Tableau 14 : ESI 24 – Champ électrique Haute fréquence – 2500 MHz
Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

FSV30 F = 2500 MHz $\mu\text{W}/\text{m}^2$	Indication de l'état des LED du détecteur					
	LED	V	J1	J2	R1	R2
<50	magnetic					
	electric					
	hf wave					
50-55	magnetic					
	electric					
	hf wave					
55-115	magnetic					
	electric					
	hf wave					
115-230	magnetic					
	electric					
	hf wave					
230-385	magnetic					
	electric					
	hf wave					
385-470	magnetic					
	electric					
	hf wave					
470-790	magnetic					
	electric					
	hf wave					
790-1050	magnetic					
	electric					
	hf wave					
>1050	magnetic					
	electric					
	hf wave					
Rapport mesure FSV30 / données constructeur						
2,5						
1,36						
1,15						
1,15						
1,28						
0,94						
1,05						
1,05						
1,05						

Tableau 15 : Champ électrique Haute fréquence – 2500 MHz
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs. Correspondance en V/m

LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
P ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) constructeur	< 20	20-40	40-100	100-200	200-300	300-500	500-750	750-1000	> 1000
P ($\mu\text{W}/\text{m}^2$) mesuré	< 50	50-55	55-115	115-230	230-385	385-470	470-790	790-1050	> 1050
E (V/m) mesuré	< 0,137	0,137-0,144	0,14-0,21	0,21-0,29	0,29-0,38	0,38-0,42	0,42-0,55	0,55-0,63	> 0,63

Les mesures indiquées par le détecteur à une fréquence de 2 500 MHz sont 1 à 2,5 fois inférieures à celles mesurées par l'analyseur de spectre étalonné. **La gamme des champs mesurés est entre 0,14 et 0,36 V/m.**

Ces résultats laissent supposer que le détecteur a été calibré à cette fréquence car le rapport entre la mesure et les données du constructeur est assez correct. Sur la notice livrée avec l'appareil, c'est cette fréquence qui est surlignée. Ce détecteur est donc adapté à la mesure du WiFi ou des fuites micro-ondes.

Tableau 16 : ESI 24 – Champ électrique Haute fréquence – 5000 MHz
Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

FSV30 F = 5000 MHz $\mu\text{W}/\text{m}^2$	Indication de l'état des LED du détecteur					
	LED	V	J1	J2	R1	R2
<960	magnetic					
	electric					
	hf wave					
960-1025	magnetic					
	electric					
	hf wave					
1025-1975	magnetic					
	electric					
	hf wave					
1975-2730	magnetic					
	electric					
	hf wave					
2730-4640	magnetic					
	electric					
	hf wave					
4640-6190	magnetic					
	electric					
	hf wave					
6190-9370	magnetic					
	electric					
	hf wave					
9370-14380	magnetic					
	electric					
	hf wave					
>14380	magnetic					
	electric					
	hf wave					
Rapport mesure FSV30 / données constructeur						
12						
6,8						
7,9						
3,6						
4,2						
7,3						
3,3						
3,7						
3,7						

Tableau 17 : Champ électrique Haute fréquence – 5000 MHz
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs. Correspondance en V/m

LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
P (µW/m²) constructeur	< 80	80-150	150-380	380-750	750-1100	1100-1850	1850-2800	2800-3900	> 3900
P (µW/m²) mesuré	< 960	960-1025	1025-1975	1975-2730	2730-4640	4640-6190	6190-9370	9370-14380	> 14380
E (V/m) mesuré	< 0,6	0,6-0,62	0,62-0,8	0,8-1,0	1,0-1,3	1,3-1,5	1,5-1,9	1,9-2,3	> 2,3

Les mesures indiquées par le détecteur à une fréquence de 5 000 MHz sont 3 à 12 fois inférieures à celles mesurées par l'analyseur de spectre étalonné. **La gamme des champs mesurés est entre 0,6 et 2,3 V/m.**

3.3.3.1 MESURES A 100 ET 400 MHZ

Tableau 18 : ESI 24 – Champ électrique Haute fréquence – 100 et 400 MHz
 Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

Modulation CW - Valeur en V/m - Sonde de référence EP601									
Fréquence / LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
100 MHz	<0,4	0,4	0,5	0,9	1,4	1,8	2,2	2,9	3,2
400 MHz	<0,4	0,4	0,5	1	1,6	1,8	2,4	2,8	3,5

Les mesures à ces 2 fréquences indiquent des niveaux identiques, de 0,4 à 3,5 V/m, légèrement supérieurs à ceux des gammes de fréquences plus élevées.

3.3.3.2 MESURES D'UNE EMISSION MODULEE GSM

Tableau 19 : ESI 24 – Champ électrique Haute fréquence – 900 et 1800 MHz, émission modulée GSM
 Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

Modulation GSM UL - Valeur en V/m - Sonde de référence PMM8053									
Fréquence / LED	V	V/J1	J1	J1/J2	J2	J2/R1	R1	R1/R2	R2
900 MHz	LOW	LOW	0,27	0,42	0,62	0,75	0,89	1,06	1,23
1 800 MHz	LOW	LOW	0,25	0,38	0,53	0,66	0,86	1,06	1,21

* LOW = < 0,25V/m

Les mesures à ces 2 fréquences sont similaires, mais ne correspondent pas à celles mesurées en émission continue.

Quand l'émission est en mode GSM, le niveau indiqué par le mesureur EP 601 est le niveau moyen de l'exposition, 2,8 fois inférieur au niveau crête de l'impulsion.

A 900 MHz en mode GSM, les valeurs mesurées pour une LED de couleur donnée sont 50% supérieures à celles mesurées lors d'une exposition continue CW, ce qui ne correspond ni à une mesure de l'impulsion (le niveau moyen mesuré par le mesureur de champ EP 601 devrait être multiplié par racine (8) = 2,8 par rapport à l'exposition en CW), ni à une mesure de l'exposition moyenne (le niveau devrait être identique).

A 1800 MHz en mode GSM, les valeurs mesurées pour une LED de couleur donnée sont 30% inférieures à celles mesurées lors d'une exposition continue CW.

On peut donc considérer que lors d'une exposition par impulsions de type GSM, l'esi 24 indique le niveau moyen du champ, mais avec une incertitude de 50%.

3.3.4 CHAMP ELECTRIQUE FULL HF

Le montage est le même que précédemment. Les valeurs mesurées sont données dans la notice pour 4 fréquences en $\mu\text{W}/\text{m}^2$ et en V/m : 900, 1900, 2500, 5000 MHz. Un niveau de champ électromagnétique, sans modulation (CW), est généré progressivement puis mesuré avec l'analyseur de spectre (max hold) lors de l'allumage d'une LED.

Il n'y a pas d'information pour les fréquences inférieures à 900 MHz en CW. Nous avons choisi une fréquence dans la bande FM = 100 MHz et une fréquence dans la bande TV = 400 MHz. Idem pour le mode pulsé, 2 fréquences ont été retenues 900 et 1 800 MHz avec comme modulation GSM UL : période = 4 600 μs – 1/8 du temps = 576 μs .

Pour passer en mode « FULL HF », il faut appuyer 1 fois de manière courte sur le bouton « select ». La LED n°1 donne un niveau faible (en bas à gauche), la LED n°15 affiche le niveau maximal (en haut à droite).

Tableau 20 : ESI 24 – Champ électrique Full HF
 Valeurs indiquées par le constructeur, puis mesurées à l'allumage des LEDs
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs.

Rappel données constructeur $\mu\text{W}/\text{m}^2$				
LED	900 MHz	1,9 GHz	2,5 GHz	5 GHz
1+2	> 0,06	> 0,25	> 0,6	> 2,5
3	> 0,25	> 1,0	> 2,5	> 10
4	> 1,0	> 4,2	> 10	> 40
5	> 2,2	> 8,8	> 20	> 80
6	> 4,2	> 17,0	> 40	> 150
7	> 5,5	> 22,0	> 50	> 200
8	> 8,5	> 33,0	> 75	> 300
9	> 11,0	> 43,0	> 100	> 380
10	> 27,0	> 105	> 250	> 950
11	> 52,0	> 205	> 500	> 1850
12	> 78,0	> 310	> 750	> 2800
13	> 110	> 435	> 1000	> 3900
14	> 140	> 550	> 1250	> 5000
15	> 165	> 650	> 1500	> 5900
FSV30				
LED	900 MHz	1,9 GHz	2,5 GHz	5 GHz
1+2	6,9	62,5	7,4	<92
3	11,9	73,9	7,8	92
4	16,4	141	16,7	200
5	26,7	309	27,1	340
6	54,2	598	33,1	357
7	91	679	54,2	746
8	103	1061	72,1	1193
9	128	1293	95,6	1441
10	296	2836	320	3695
11	594	6204	606	7545
12	963	8159	933	11160
13	1113	14410	1273	13670
14	1651	16700	1713	17320
15	1953	19000	2206	22370
Rapport mesure FSV30 / données constructeur				
LED	900 MHz	1,9 GHz	2,5 GHz	5 GHz
1+2	115	250	12	36,8
3	47,6	62,5	3,1	9,2
4	16,4	33,6	1,7	5
5	12,1	35,1	1,4	4,3
6	12,9	35,2	0,8	2,4
7	16,5	41,2	1,1	3,7
8	12,1	32,2	1	4
9	11,6	30,1	1	3,8
10	11	30,2	0,6	3,9
11	11,4	30,3	1,2	4,1
12	12,3	26,3	1,2	4
13	10,1	33,1	1,3	3,5
14	11,8	30,4	1,4	3,5
15	11,8	29,2	1,5	3,8

Les mesures sont assez justes dans la bande 2,5 GHz. Pour les LEDs 1+2 et 3, le champ mesuré est dans le bruit de fond de l'appareil. La mesure n'est pas représentative. Pour les autres mesures, on retrouve les écarts précédemment décrits de sous-évaluation des champs dans une gamme de valeurs faibles.

Tableau 21 : Champ électrique Full HF - Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs – 100 et 400 MHz

Modulation CW - Sonde EP601				
	100 MHz		400 MHz	
LED	V/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$	V/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$
1+2	<0,2	<106	<0,2	<106
3	0,73	1414	0,25	166
4	1,15	3508	0,28	208
5	1,82	8786	0,35	325
6	2,56	17384	0,46	561
7	2,86	21697	0,56	832
8	3,58	33996	0,69	1263
9	3,78	37900	0,79	1655
10	4,74	59596	1,68	7486
11	5,54	81410	2,33	14400
12	6,07	97732	2,99	23714
13	6,57	114496	3,49	32308
14	6,69	118716	3,93	40968
15	6,96	128492	4,21	47014

A 400 MHz, cet appareil indique des niveaux de champ jusqu'à 4,2 V/m, et jusqu'à 7,0 V/m à 100 MHz. Les niveaux sont très différents entre les 2 fréquences, avec en moyenne un rapport 2,4 en prenant en compte les valeurs à partir de la LED 3.

Tableau 22 : ESI 24 – Champ électrique Full HF – 900 et 1800 MHz, émission modulée GSM
Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs

Modulation GSM UL - Sonde PMM8053				
	900 MHz		1 800 MHz	
LED	V/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$	V/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$
1+2	LOW	<106	LOW	<106
3	LOW	<106	0,26	179
4	LOW	<106	0,34	307
5	LOW	<106	0,53	745
6	LOW	<106	0,68	1227
7	LOW	<106	0,79	1655
8	0,25	166	0,97	2496
9	0,3	239	1,11	3268
10	0,51	690	1,72	7847
11	0,64	1086	2,39	15151
12	0,82	1784	2,9	22308
13	0,97	2496	3,34	29590
14	1,1	3210	3,82	38707
15	1,19	3756	4,4	51353

Lorsque l'émission est en mode d'impulsions GSM, les valeurs indiquées sont 2 fois plus élevées qu'en mode continu CW, avec, comme en CW, des niveaux supérieurs à 1 800 MHz par rapport à 900 MHz.

3.4 CONCLUSION

Les résultats précédents sont résumés ci-après à l'aide de graphes. Sur ces graphes, la courbe bleue correspond à la valeur minimale à laquelle s'allume la LED du détecteur ESI 24, la courbe rouge correspond à la valeur maximale à laquelle s'allume la LED, la courbe verte indique la valeur RMS de la sonde EHP50C ou la valeur max hold du FSV30 en début d'allumage de la LED (FSV30min) ; la courbe violette indique la valeur max hold du FSV30 en fin d'allumage de la LED (FSV30 max). Chaque point en abscisse correspond à l'allumage d'une ou de deux LEDs.

3.4.1 CHAMP MAGNETIQUE BF

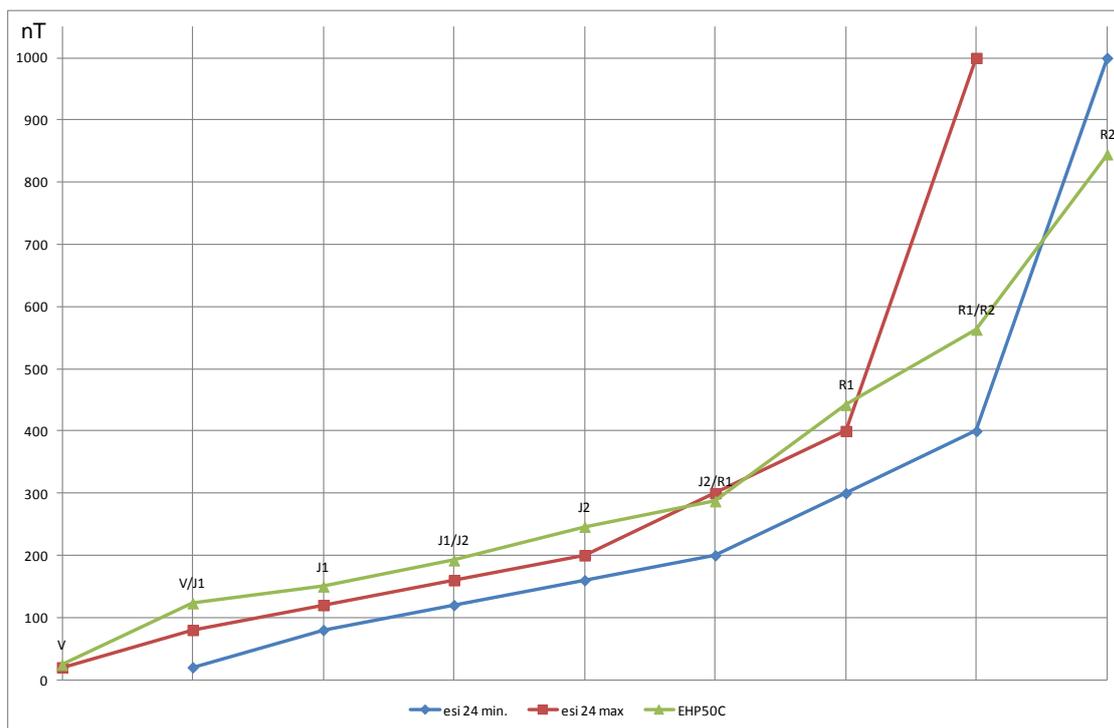


Figure 1 : ESI 24 – Champ magnétique BF – Valeurs d'allumage des LEDs
bleu : valeur minimale d'allumage ; rouge : valeur maximale d'allumage ; indiquées par le constructeur
vert : valeur indiquée par l'EHP50C. La couleur des diodes est indiquée sur le graphe.

L'indication de l'appareil correspond à la notice du constructeur qui stipule que les valeurs mesurées sont strictement indicatives.

3.4.2 CHAMP ELECTRIQUE BF

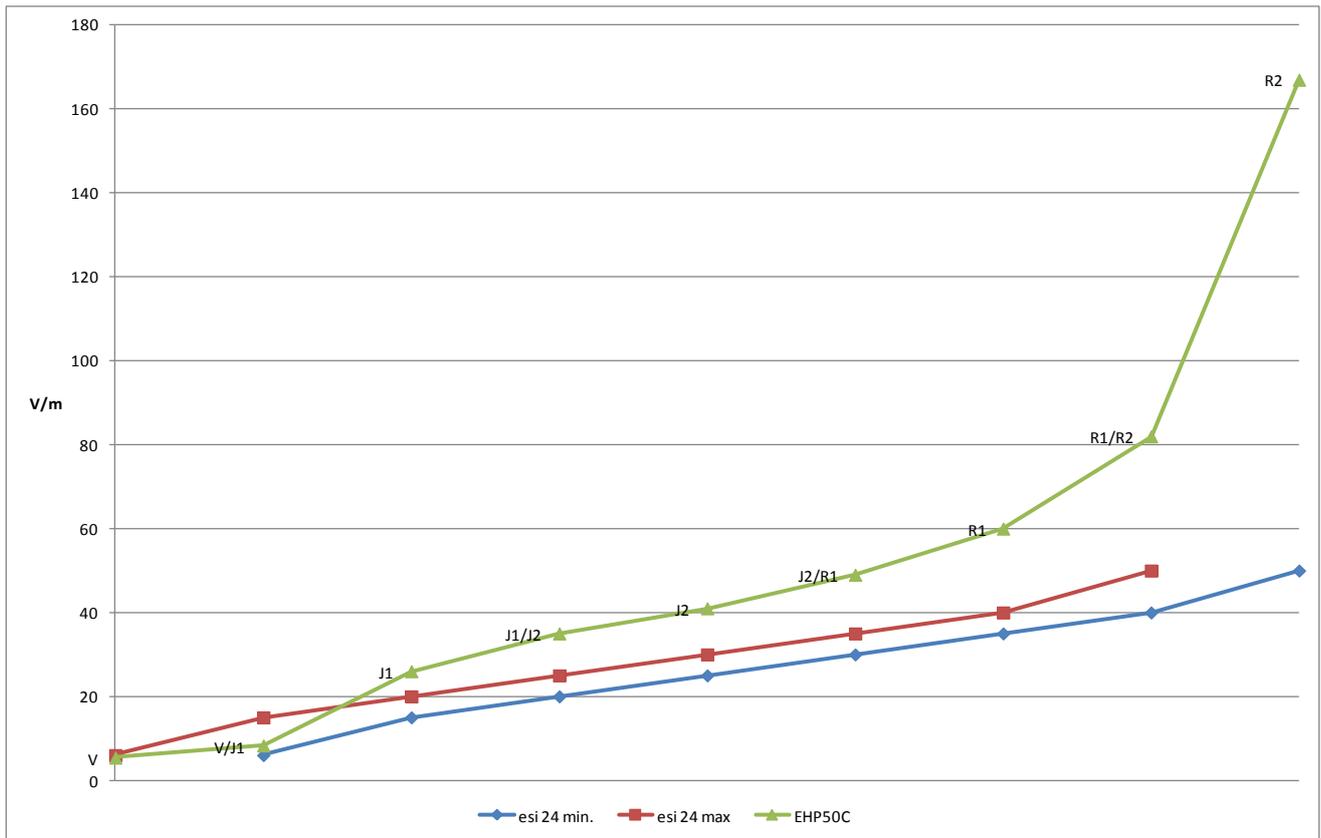


Figure 2 : ESI 24 – Champ électrique BF – Valeurs d'allumage des LEDs
 bleu : valeur minimale d'allumage ; rouge : valeur maximale d'allumage ; ; indiquées par le constructeur
 vert : valeur indiquée par l'EHP50C. La couleur des diodes est indiquée sur le graphe.

La sensibilité de l'esi 24 est moins bonne en champ électrique qu'en champ magnétique

3.4.3 CHAMP ELECTRIQUE HF

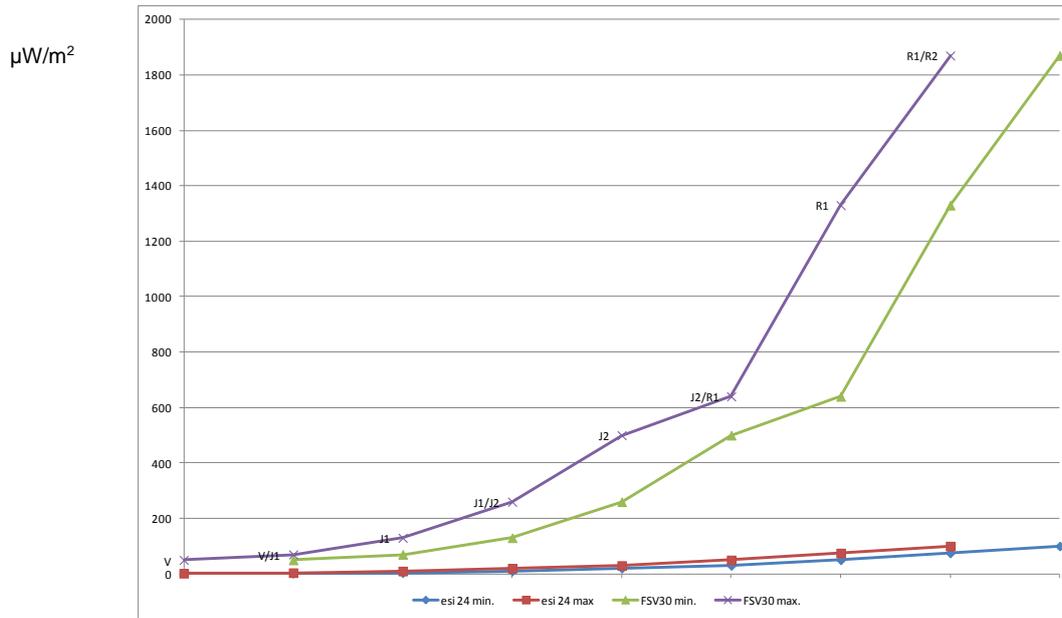


Figure 3 : ESI 24 – Champ électrique HF 900 MHz – Valeurs d’allumage des LEDs - bleu : valeur minimale d’allumage ; rouge : valeur maximale d’allumage ; indiquées par le constructeur - vert, violet : valeurs maxhold indiquées par le FSV30 en début (respectivement : fin) d’allumage des diodes. La couleur des diodes est indiquée sur le graphe.

Fréquence 900 MHz – Données esi 24 confondues car très faibles vis-à-vis de la mesure du FSV30 associé à l’antenne cornet BBHA9120E– Aucune sensibilité à cette fréquence.

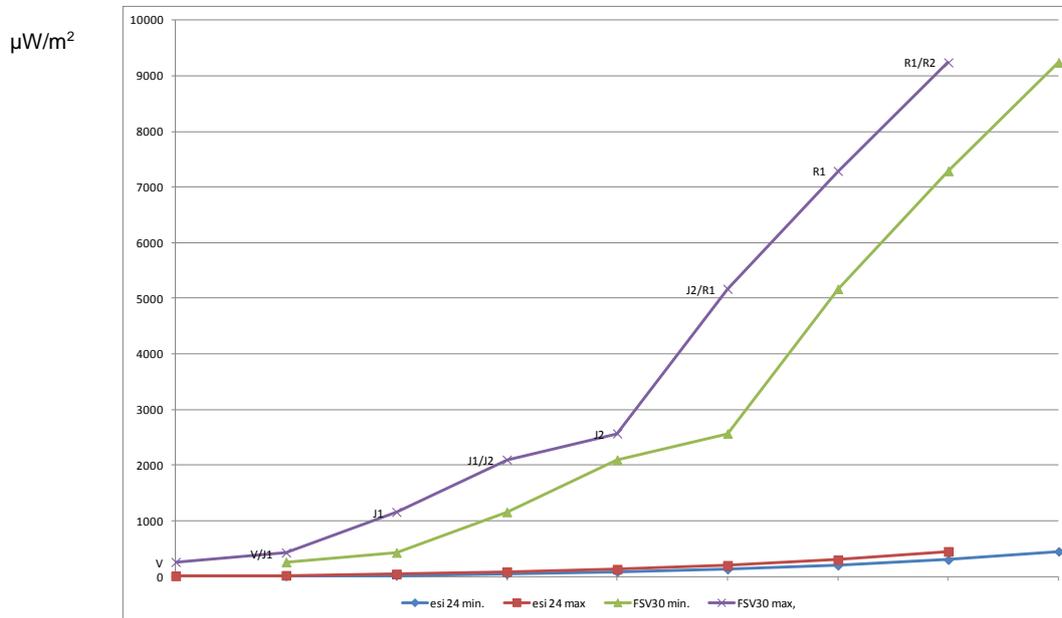


Figure 4 : ESI 24 – Champ électrique HF 1900 MHz – Valeurs d’allumage des LEDs - bleu : valeur minimale d’allumage ; rouge : valeur maximale d’allumage ; indiquées par le constructeur - vert, violet : valeurs maxhold indiquées par le FSV30 en début (respectivement : fin) d’allumage des diodes. La couleur des diodes est indiquée sur le graphe.

Fréquence 1 900 MHz – Données esi 24 confondues car très faibles vis-à-vis de la mesure du FSV30 associé à l’antenne cornet BBHA9120E – Aucune sensibilité à cette fréquence.

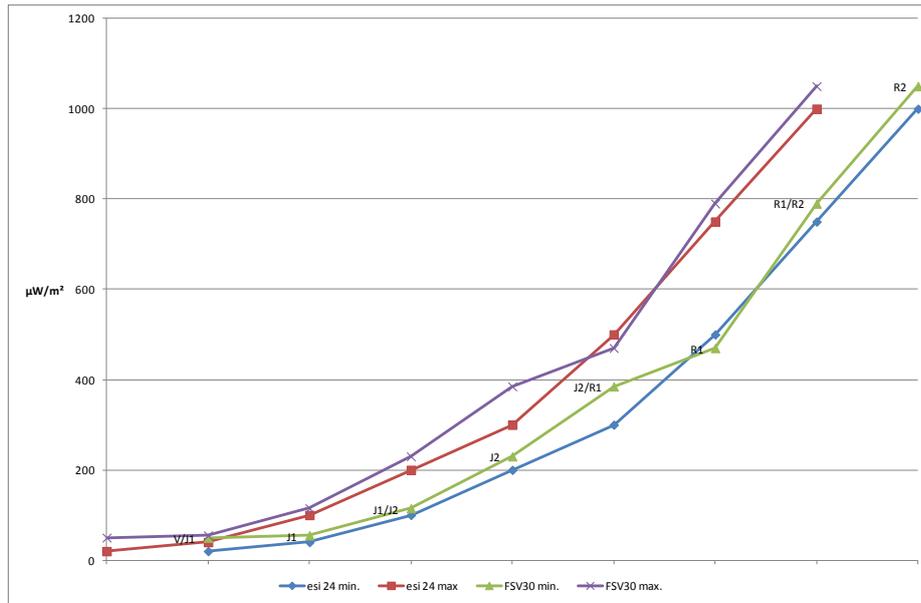


Figure 5 : ESI 24 – Champ électrique HF 2500 MHz – Valeurs d’allumage des LEDs - bleu : valeur minimale d’allumage ; rouge : valeur maximale d’allumage ; indiquées par le constructeur - vert, violet : valeurs maxhold indiquées par le FSV30 en début (respectivement : fin) d’allumage des diodes. La couleur des diodes est indiquée sur le graphe.

Fréquence 2,5 GHz – La courbe est la même que celle du FSV30 associé à l’antenne cornet BBHA9120E.

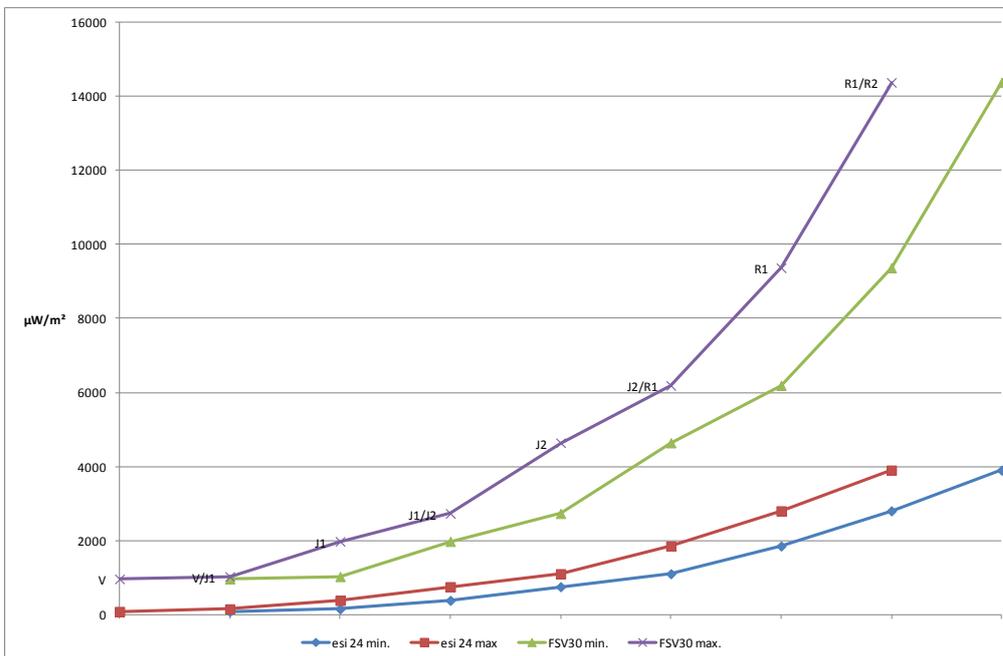


Figure 6 : ESI 24 – Champ électrique HF 5000 MHz – Valeurs d’allumage des LEDs - bleu : valeur minimale d’allumage ; rouge : valeur maximale d’allumage ; indiquées par le constructeur - vert, violet : valeurs maxhold indiquées par le FSV30 en début (respectivement : fin) d’allumage des diodes. La couleur des diodes est indiquée sur le graphe.

Fréquence 5 GHz – Le niveau est sous-estimé par rapport à la mesure du FSV30 associé à l’antenne cornet BBHA9120E.

3.4.4 CHAMP ELECTRIQUE FULL HF

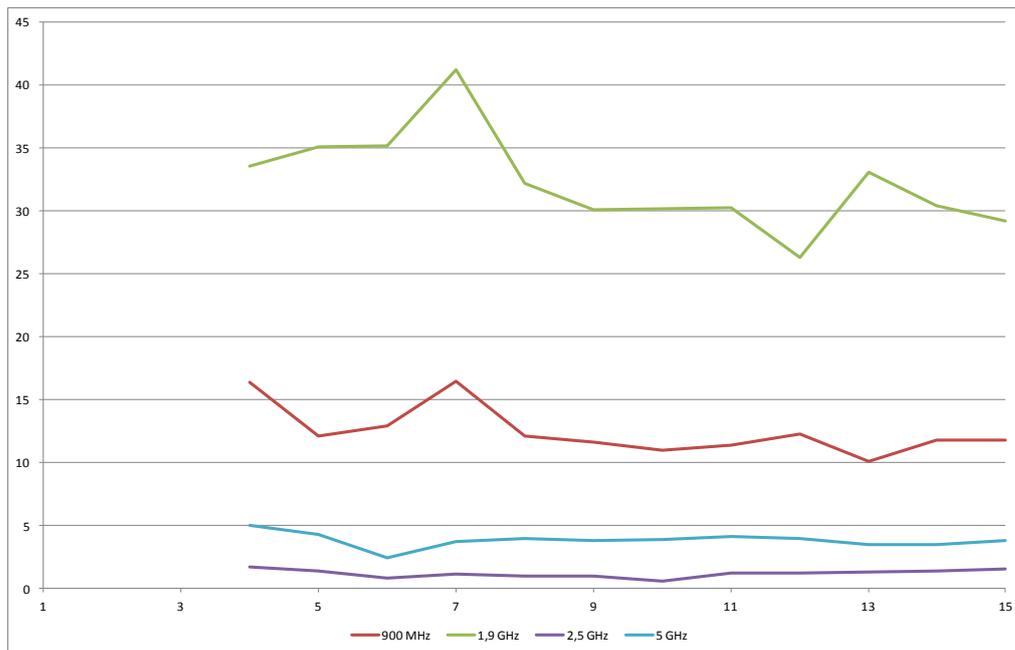


Figure 7 : ESI 24 – Champ électrique Full HF à 900, 1900, 2500 et 5000 MHz
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à l'allumage des LEDs : rapport
entre la mesure de l'analyseur de spectre FSV30 et le détecteur esi 24 en mode de sensibilité maximale.

Les courbes représentent le rapport entre la mesure de l'analyseur de spectre FSV30 et le détecteur esi 24 en mode de sensibilité maximale. En moyenne :

- Courbe 900 MHz 12,5 fois >
- Courbe 1,9 GHz 32 fois >
- Courbe 2,5 GHz 1,2 fois >
- Courbe 5 GHz 3,8 fois >

Les valeurs des LED 1+2 et 3 ont été supprimées car non représentatives. Les niveaux de champ concernés sont dans le bruit de fond de l'appareil.

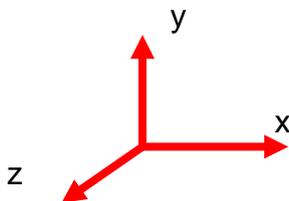
4. ANALYSEUR GIGAHERTZ SOLUTIONS ME 3030B (PRIX : 120,40 €)

4.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



Photo 5 : ME 3030B

L'analyseur, titre donné par le constructeur, est en fait un champmètre. Le ME 3030B possède un commutateur positionné sur E pour mesurer les champs électriques ou mis sur M pour mesurer les champs magnétiques. Cet appareil ne fait pas de mesure isotropique (même valeur dans toutes les directions) car il ne dispose que d'un seul capteur.



Isotropique 3 axes 3 capteurs

Figure 8 : Mesure isotropique



ME3030B 1 axe 1 capteur

Figure 9 : Mesure directionnelle

Pour une mesure précise, il convient d'abord de prendre 3 mesures séparément et de noter leurs valeurs respectives. Ce faisant, il faut orienter l'appareil suivant 3 axes :

- pointer en face horizontalement (x),
- pointer en face horizontalement avec une rotation de l'appareil de 90° sur le côté (y).
- pointer vers le plafond (z),

Le résultat est la somme quadratique de ces 3 relevés suivant la formule $\sqrt{(x^2+y^2+z^2)}$.

4.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES (DONNEES CONSTRUCTEUR)

Densité du flux magnétique, unidirectionnelle en nanoTeslas :

- Capacité de mesure : 2 000 nT, résolution 1 nT

Intensité du champ électrique, en volts par mètre :

- Capacité de mesure : 2 000 V/m, résolution : 1 V/m

Précision : $\pm 2 \%$, ± 20 digits à 50 Hz, 20°C et 40 % d'humidité, courbe fréquentielle compensée au moins de 16 Hz à 2 kHz (mieux que -2 dB).

Le terme GIGAHERTZ n'est pas approprié à la gamme de fréquences mesurées, qui concerne principalement la fréquence du secteur à 50 Hz.

4.3 CARACTERISATION VIS-A-VIS DE SONDES PROFESSIONNELLES

4.3.1 CHAMP MAGNETIQUE BF

Nous générons un champ magnétique avec l'alimentation programmable, à la fréquence du réseau de 50 Hz, associée à la boucle magnétique. La mesure se fait par substitution, c'est-à-dire qu'une fois le champ établi et mesuré par le champmètre ME3030B, celui-ci est remplacé par la sonde EHP50C.

La tension de l'alimentation programmable est augmentée progressivement, par palier, jusqu'à la pleine échelle de l'analyseur. A chaque palier, le niveau de champ est relevé.

Cette manipulation est répétée avec la sonde pour comparaison des valeurs relevées dans les 2 cas.

Le niveau ambiant mesuré dans la chambre anéchoïque est :

ME3030B : 11 nT EHP50C = 17 nT pour T = 21°C - HR = 33 %.

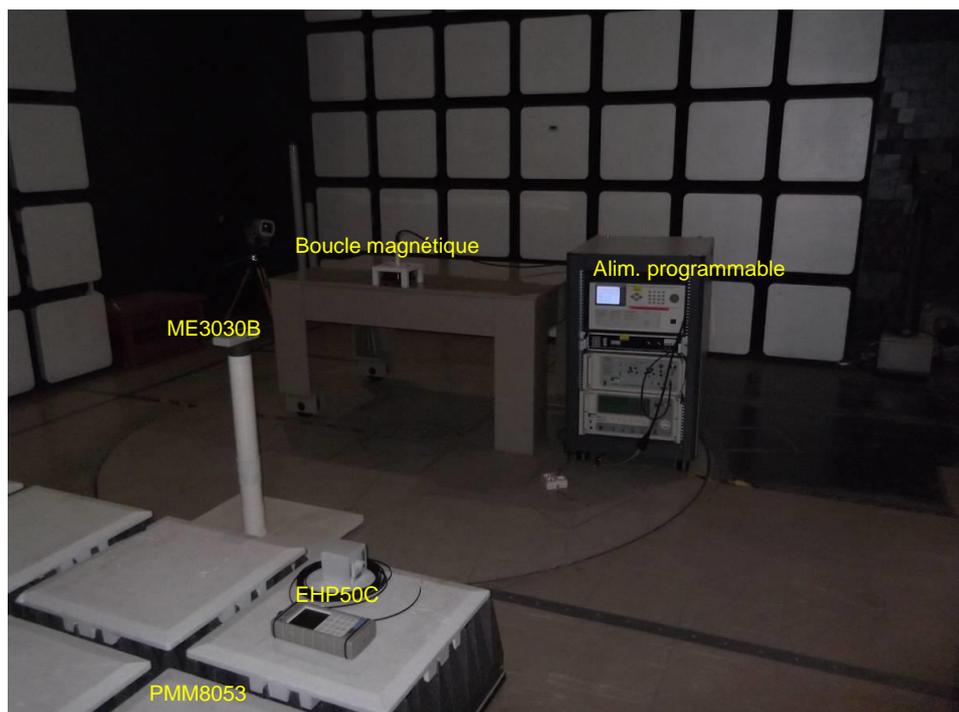


Photo 6 : ME 3030B - Matériels utilisés pour la mesure du champ magnétique BF

Tableau 23 : ME 3030B - Champ magnétique Basse fréquence
Valeurs mesurées et comparaison avec la sonde EHP 50C

Valim Vac	X nT	Y nT	Z nT	$\sqrt{x^2+y^2+z^2}$	EHP50C nT	ME3030B/EHP50C
0	8	3	7	11	17	0,6
1	70	4	53	88	56	1,6
2	139	12	115	181	103	1,8
3	211	22	171	272	174	1,6
4	274	22	242	366	222	1,6
5	353	28	293	460	284	1,6
6	419	40	345	544	343	1,6
7	478	44	388	617	397	1,6
8	536	50	455	705	453	1,6
9	603	55	513	794	511	1,6
10	668	60	558	872	563	1,5
11	786	68	629	1009	624	1,6
12	812	78	667	1054	686	1,5
13	870	86	725	1136	731	1,6
14	930	94	786	1221	789	1,5
16	1058	94	906	1396	913	1,5
18	1200	106	993	1561	1021	1,5
20	1306	116	1113	1720	1142	1,5
22	1417	139	1231	1882	1255	1,5
24	1523	151	1318	2020	1363	1,5
26	1676	165	1416	2200	1472	1,5
28	1863	177	1602	2463	1584	1,6
30	1981	189	1670	2598	1702	1,5

Les mesures (somme quadratique) du ME3030B sont en moyenne 1,6 fois supérieures à celles de l'EHP50C. Elles correspondent bien à la valeur selon l'axe Z.

4.3.2 CHAMP ELECTRIQUE BF

Les valeurs mesurées sont données en V/m. Le champ électrique est généré avec un projecteur équipé de lampes LED 1200 Lm, à la fréquence du réseau de 50 Hz. La mesure se fait par substitution, c'est-à-dire qu'une fois le champ établi, il est mesuré par le champmètre ME3030B puis celui-ci est remplacé par la sonde EHP50C.

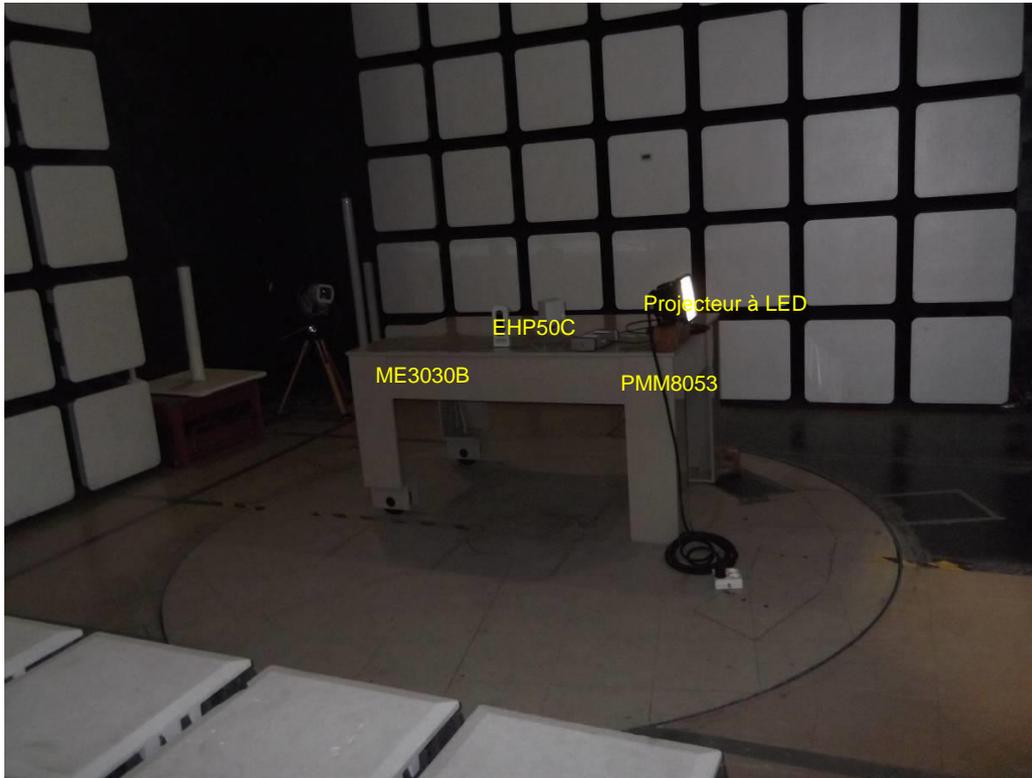


Photo 7 : ME 3030B - Matériels utilisés dans la chambre anéchoïque pour la mesure du champ électrique BF

Tableau 24 : ME 3030B - Champ électrique Basse fréquence
Valeurs mesurées et comparaison avec la sonde EHP 50C

Distance cm	X V/m	Y V/m	Z V/m	$\sqrt{x^2+y^2+z^2}$	EHP50C V/m	ME3030B/EHP50C
0	231	356	297	518	685	0,8
10	78	28	96	127	186	0,7
20	53	14	29	62	67	0,9
30	33	12	20	40	33	1,2
40	19	8	11	23	22	1,1
50	14	5	7	16	15	1,1
60	12	4	5	14	11	1,2
70	10	2	3	11	9	1,2
80	9	2	3	10	7	1,4
90	7	2	2	8	6	1,3
100	5	2	2	6	5	1,1

Les mesures (somme quadratique) du ME3030B sont en moyenne 1,1 fois supérieures à celles de l'EHP50C. Elles sont assez proches de la valeur selon l'axe X.

4.4 CONCLUSION

4.4.1 CHAMP MAGNETIQUE BF

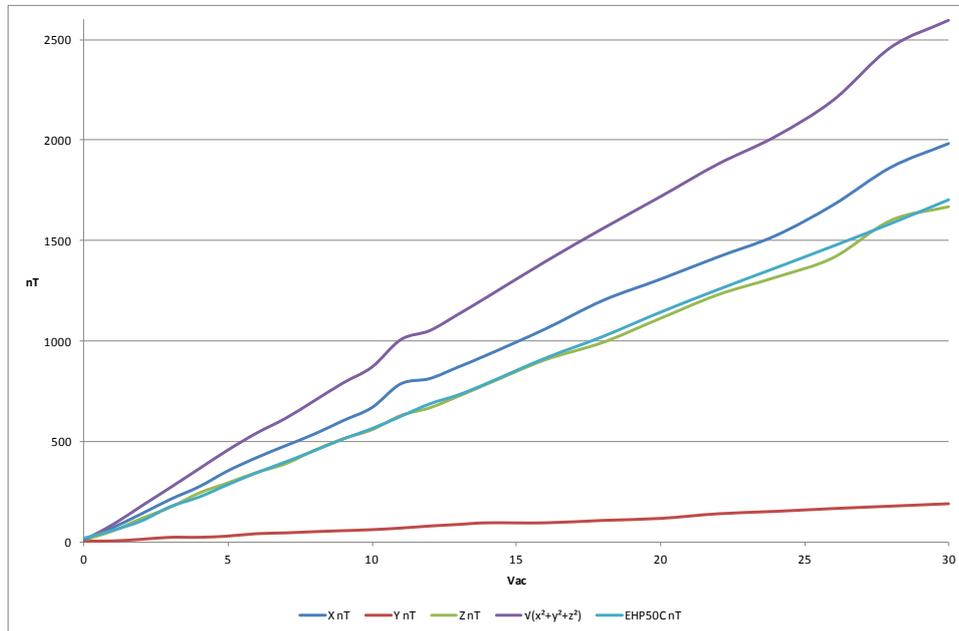


Figure 10 : ME 3030B - Champ magnétique BF
Valeurs mesurées et comparaison avec la sonde EHP 50C

En faisant une mesure précise (somme quadratique), le niveau de champ magnétique mesuré par le champmètre ME3030B est surestimé de 60%. Par contre, en faisant une lecture avec l'appareil dans une seule position face à la source, verticalement selon l'axe Z pour le champ magnétique, les mesures des 2 appareils ME3030B et PMM8053 sont identiques. Le ME 3030B indique donc la valeur résultante du champ magnétique BF quand il est tenu verticalement. La mesure n'est pas correcte dans une autre position.

4.4.2 CHAMP ELECTRIQUE BF

Contrairement au champ magnétique, la somme quadratique est plus précise et équivalente à la sonde EHP50C. La mesure au contact (0 cm) est indicative car à cette distance, on est en configuration de champ proche. Le ME 3030B n'est donc pas isotrope pour la mesure du champ électrique BF, et les 3 composantes spatiales doivent donc être mesurées.

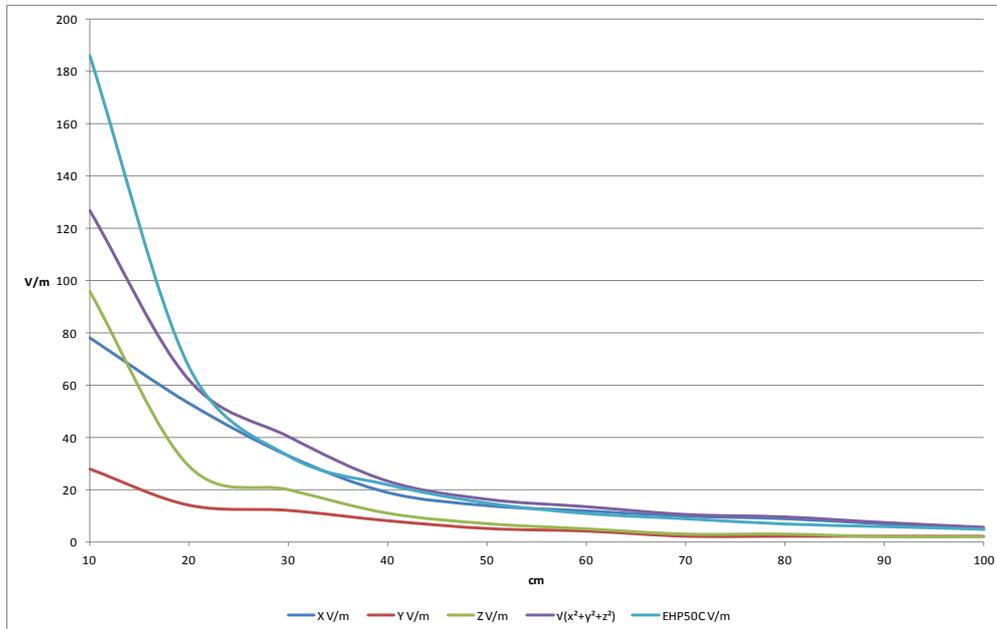


Figure 11 : ME 3030B - Champ électrique BF
Valeurs mesurées et comparaison avec la sonde EHP 50C, sans la mesure à 0 cm (au contact)

Cet appareil n'est pas adapté à la mesure des valeurs limites réglementaires de 100 μ T et 5 kV/m. Il permet une mesure du champ magnétique jusqu'à 1 à 2 μ T.

5. TES ELECTROSMOG METER TES-92 (PRIX : 198,86 €)

5.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



Photo 8 : TES-92

Les 3 capteurs sont situés dans la tête (boule jaune) de l'appareil, les trois tensions générées par le capteur sont envoyées au mesureur. La mesure se fait en déplaçant l'antenne du capteur vers la source de champ à mesurer. Le capteur de champ électrique E est isotropique, il n'est donc pas nécessaire de tenir l'appareil de façon particulière.

5.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES (DONNEES CONSTRUCTEUR)

- Sauf indication contraire, les spécifications données sont valables sous les conditions suivantes :
 - L'appareil se trouve en champ lointain de la source et la tête du capteur est pointée vers la source
 - Température ambiante : 23 °C
 - Taux d'humidité ambiant 25 à 75 %
- Type de capteur : champ électrique E
- Plage de fréquence mesurable de 50 MHz à 3,5 GHz
- Plage de mesures indiquée :
 - Signal CW (F>50 MHz) :

20 mV/m à 108 V/m
53 μ A/m à 286 mA/m
1 μ W/m ² à 30,9 W/m ²
0 μ W/cm ² à 3,09 mW/cm ²
- Gamme dynamique : 75 dB
- Erreur absolue : (à 1 V/m et 50 MHz) \pm 1,0 dB
- Fréquence de réponse :
 - Capteur tenant compte du facteur type CAL :

\pm 1,0 dB (50 MHz à 1,9 GHz)
\pm 2,4 dB (1,9 GHz à 3,5 GHz)
- Ecart d'isotropie : généralement \pm 1,0 dB (F > 50 MHz)
- Limite de réponse : 4,2 W/m² (38,8 V/m)

Cette information n'est pas cohérente avec la plage de mesures indiquée ci-dessus, de 20 mV/m à 108 V/m.

- Réponse thermique (0 à 50 °C) : \pm 0,2 dB

5.3 CARACTERISATION AVEC DES SONDES PROFESSIONNELLES

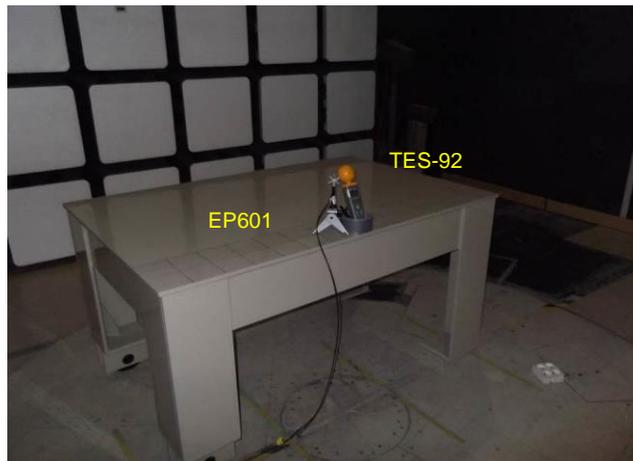


Photo 9 : TES-92 - Disposition des 2 appareils à 3 m de l'antenne

5.3.1 AMPLITUDE ET REPONSE EN FREQUENCE

Pour une amplitude adaptée à l'utilisation, 20 points de mesure pour la plage de fréquence incluant les fréquences minimales et maximales d'utilisation.

Conditions climatiques : T = 20 °C – HR = 33 %

A chaque fréquence, le niveau du générateur est réglé pour que le mesureur de champ EP601 affiche un champ électromagnétique (CW) d'environ 3 V/m. Cette amplitude (RMS) est comparée à celle du TES-92 qui a comme facteur d'étalonnage CAL égal à 1.

Le facteur CAL correspond aux facteurs d'étalonnage donnés dans la notice constructeur. Pour les utiliser, il faut connaître la fréquence émise ; la valeur mesurée est multipliée par la valeur de CAL qui a été saisie et la valeur résultante est affichée.

Vérification :

Tableau 25 : Champ électrique HF – Vérification du mode d'utilisation du facteur de calibration. Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à 900 et 1800 MHz.

Fréquence	CAL = 1	CAL = 1,84	Théorique	EP601
900 MHz	2,52 V/m	4,69 V/m	4,64 V/m	2,99 V/m

Fréquence	CAL = 1	CAL = 1,44	Théorique	EP601
1 800 MHz	4,44 V/m	6,67 V/m	6,39 V/m	3,29 V/m

La valeur mesurée est bien multipliée par la valeur du facteur CAL.

Notice constructeur : Dans de nombreux cas, la précision sera suffisante même si la réponse de fréquence du facteur d'étalonnage de la sonde est ignoré. CAL peut être réglée à 1.00 dans ces conditions.

Tableau 26 : Champ électrique HF – Facteur de calibration
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à toutes les fréquences.

Fréquence	EP601	TES-92	Facteur CAL	Facteur CAL
MHz	V/m	V/m	constructeur	calculé
50	3,01	2,7	1,45	1,11
100	3	6,38	1,75	0,47
200	3,09	7,58	1,78	0,41
300	3,06	9,02	1,8	0,34
433	3,03	8,78	1,84	0,35
500	2,98	19,85	1,87	0,15
600	3,08	2,7	1,84	1,14
700	3,02	2,7	1,89	1,12
800	3,01	4,78	1,78	0,63
900	3,02	4,19	1,84	0,72
1000	3,01	2,73	1,75	1,10
1200	3,01	9,3	2,01	0,32
1400	3,04	5,38	1,8	0,57
1600	3,02	3,06	1,37	0,99
1800	3,02	3,07	1,44	0,98
2000	3,08	1,55	1,42	1,99
2200	3,03	1,43	1,4	2,12
2500	2,98	0,92	1,46	3,24
3000	3,01	0,56	1	5,38
3500	3,07	0,24	1	12,79

Facteur CAL calculé = EP601 / TES-92.

A partir de 3000 MHz et au-delà, le facteur CAL constructeur indiqué est égal à 1. Les mesures affichées par le TES-92 devraient être équivalentes aux mesures brutes. De fait, les valeurs indiquées à 3000 et 3500 MHz sont très inférieures aux valeurs réelles mesurées avec l'EP601.

Pour le mode pulsé, 2 fréquences ont été retenues : 900 et 1800 MHz, avec comme modulation GSM UL : période = 4 600 µs – 1/8 du temps = 576 µs.

Tableau 27 : Champ électrique HF – Facteur de calibration pour une émission modulée GSM.
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à 900 et 1800 MHz.

Fréquence	Niveau V/m		Rapport
	EP601	TES92	TES92/EP601
900	3	3,8	1,3
1 800	3	4,39	1,5

La valeur à 900 MHz est comparable en CW et en mode GSM, et est près de 50% supérieure à 1800 MHz en mode GSM. L'incertitude est du même ordre que pour les autres fréquences en mode CW. En mode GSM, cet appareil indique donc la valeur moyenne de l'exposition et non la valeur crête.

5.3.1.1 CONCLUSION

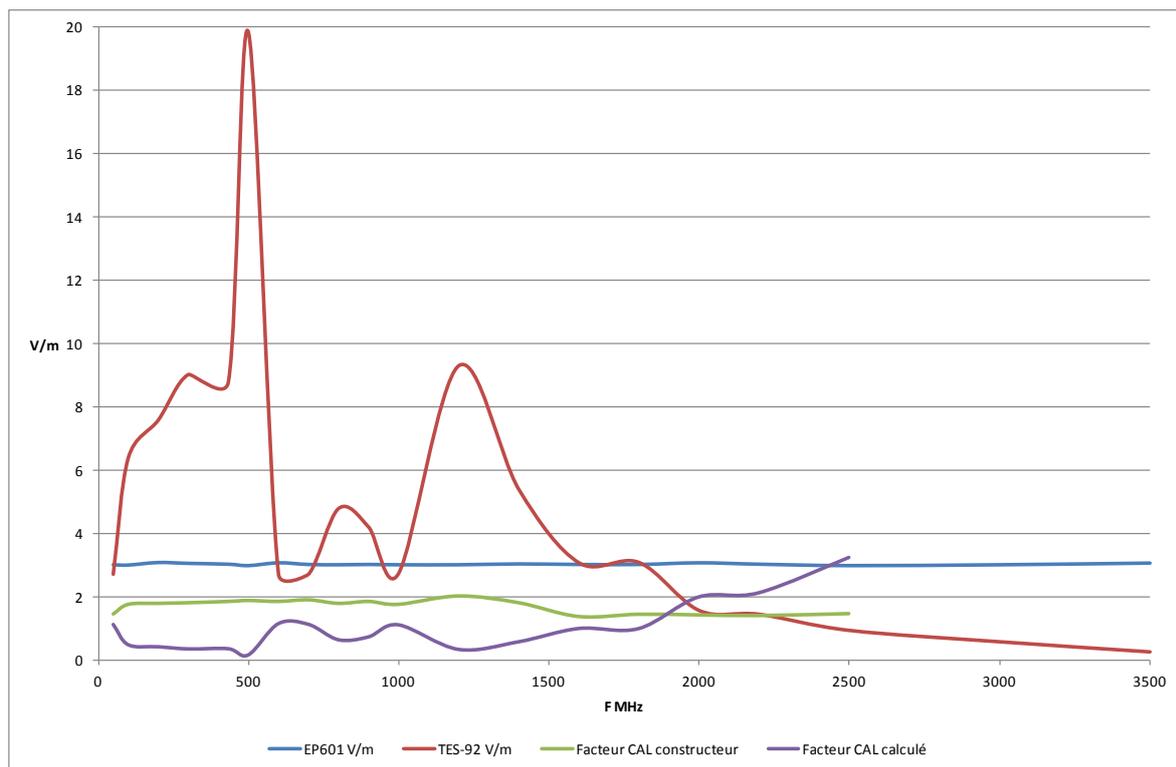


Figure 12 : Champ électrique HF – Facteur de calibration à 3 V/m.
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à toutes les fréquences.

Pour ajouter le facteur de calibration, il faut connaître la fréquence. Celle-ci peut être déterminée avec un analyseur de spectre associé à une antenne large bande. A défaut, il faut connaître la fréquence de la source que l'on mesure pour pouvoir calculer la bonne valeur du champ.

Un facteur d'atténuation diviseur plutôt que multiplicateur serait plus judicieux, pour certaines fréquences, jusqu'à 1,6 GHz. Pour certaines fréquences, le facteur CAL est correct à 50-60 % près (50 MHz, 600-700 MHz, 1000, 1600-1800-2000-2200 MHz). Pour d'autres, il est nettement différent.

De 100 à 500 MHz (radio FM et TV), et pour 800-900 MHz (+50%, incluant une partie des fréquences des téléphones portables GSM 900 MHz), ainsi que 1200-1400 MHz (pas de source connue dans cette plage de fréquences), les valeurs indiquées par le mesureur sont surestimées.

A 100 MHz par exemple, si on saisit le facteur CAL de 1,75, on devrait avoir comme résultat $1,75 \times 6,38 = 11,2$ au lieu de 3 V/m. Le résultat est donc surestimé d'un facteur 3,7. L'écart est similaire pour un grand nombre de fréquences, et il est maximal à 500 MHz avec une surestimation d'un facteur 12,5.

De 600 à 1 000 MHz (TV et GSM 900) à l'exception de la plage 800-900 MHz, les valeurs sont correctes, incluant le GSM, la 3G et la 4G à 900 MHz.

De 1 600 à 2 200 MHz, les valeurs sont correctes, incluant le DECT, le GSM 1 800 MHz, et la 3G 1 900 ou 2 100 MHz.

La mesure du WiFi est sous-estimée (mesure indiquée est trois fois plus faible qu'avec un appareil étalonné), mais globalement pour la téléphonie mobile, l'estimation est raisonnable.

5.3.2 ISOTROPIE AXIALE

Tableau 28 : TES-92 – Isotropie axiale pour un champ de 1,7 V/m.

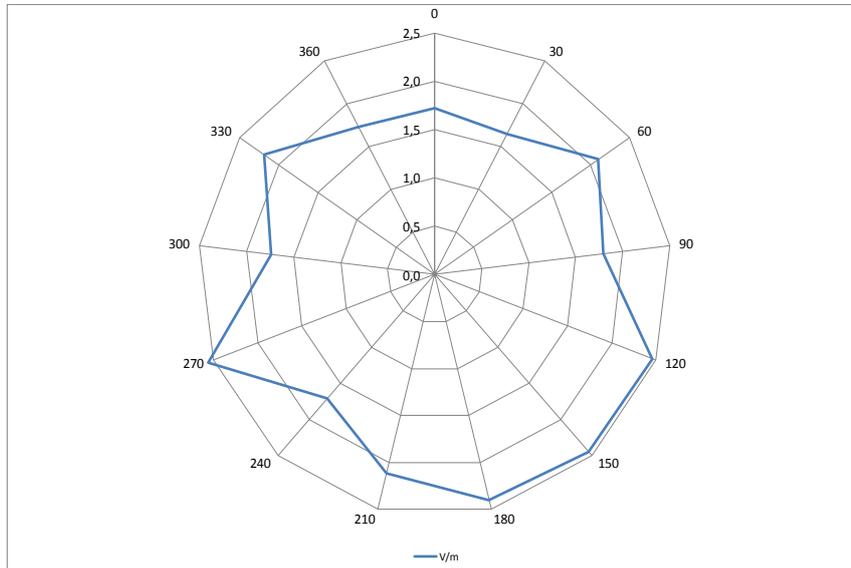
Angle Degré	TES-92 V/m AVG
0	1,7
30	1,6
60	2,1
90	1,8
120	2,5
150	2,4
180	2,4
210	2,1
240	1,7
270	2,6
300	1,7
330	2,2
360	1,7

Pour une amplitude adaptée à l'utilisation, une mesure est effectuée avec une rotation sur 360° avec un pas de 30° à une fréquence de 900 MHz. Le niveau de champ de référence à 0° est de 1,7 V/m.

L'afficheur de l'appareil face à l'antenne correspond à la position 0°.

5.3.2.1 CONCLUSION

Figure 13 : TES-92 – Isotropie axiale pour un champ de 1,7 V/m.



Le constructeur donne ± 1 dB comme caractéristique technique en isotropie, ce qui correspond à un rapport de 1,1.

Le champ électromagnétique mesuré doit être compris entre 1,5 et 1,9 V/m en prenant 1,7 V/m à 0° comme point de départ. Le maximum est 2,6 V/m à 270°, ce qui correspond à un rapport de 1,5 (2,6/1,7) donc à une isotropie de $\pm 3,7$ dB ($20 \log 1,5$).

5.3.3 LINEARITE

Pour une amplitude adaptée à l'utilisation, une montée progressive en puissance à la fréquence de 900 MHz en mode AVG.

Tableau 29 : TES-92 – Linéarité à 900 MHz

Géné	TES-92	EP601
dBm	V/m	V/m
-40	0,2	0,4
-30	0,8	0,6
-25	1,5	1,2
-20	2,7	2,3
-15	4,6	3,8
-10	7,3	6,7
-5	9,9	12,0
0	10,6	19,9
1	10,3	21,2
2	8,9	22,4
3	8,8	23,5
4	8,6	24,3

5.3.3.1 CONCLUSION

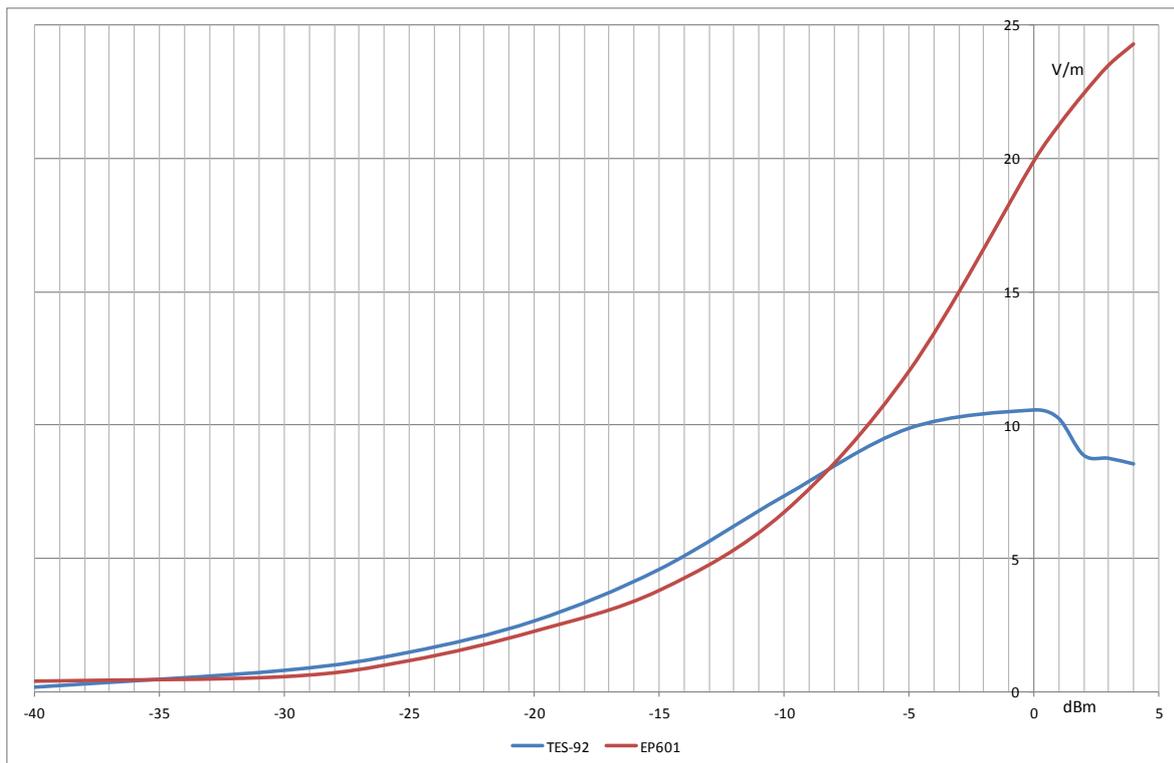


Figure 14 : TES-92 – Linéarité à 900 MHz

Le TES-92 est saturé à partir de 10 V/m.

Dans la notice, la plage de mesure stipulée est de 20 mV/m à 108 V/m. Il est fortement probable que 108 V/m ne correspond pas à la valeur maximale. Ça pourrait être 10,8 V/m.

6. HF 32D HF-ANALYSEUR (PRIX : 200 €)

6.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



Photo 10 : HF 32D

L'antenne est insérée, à l'intérieur de l'ouverture « en forme de croix » située à l'avant de l'instrument, et raccordée à la prise SMA située sur le côté droit au-dessus de l'interrupteur marche/arrêt.

6.1.1 EXTRAIT DE LA NOTICE (FRANÇAIS PAGE 22)

Réglage par défaut pour analyser le signal : La valeur peak (pic) du rayonnement HF, donc pas la valeur moyenne est utilisée pour évaluer « les effets biologiques » qui affectent un organisme ; la valeur mesurée ne peut donc pas être comparée aux valeurs limites de sécurité qui sont des valeurs rms.

La valeur moyenne (RMS) des signaux pulsés est inférieure à la valeur peak (pic) : 1/3 pour les téléphones GSM (1/racine(8) plus précisément) et les téléphones DECT (1/racine(12) plus précisément), et 1/2 pour les téléphones TETRA ; mais c'est cette valeur qui est utilisée pour les valeurs limites recommandées officielles.

6.1.2 NOTES

La valeur peak d'un signal correspond à sa valeur maximale, le terme le plus souvent utilisé est crête au lieu de pic ; la notion de pic est parfois utilisée dans le sens de pic spatial (localisation du niveau de champ maximum).

La valeur moyenne se note « AVG » (average en anglais) et non « RMS » (root mean square) qui est la valeur efficace d'un signal périodique. Par exemple pour une tension sinusoïdale $V_{\text{crête}}$ (secteur), la valeur efficace est $V_{\text{crête}}$ divisée par $\sqrt{2}$ alors que la valeur moyenne est nulle.

6.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES (GIGAHERTZ SOLUTIONS)

- Affichage : écran LCD 3,5 digits, signal proportionnel à l'intensité du champ (type compteur Geiger),
- Gamme de fréquence : 800 MHz à 2,7 GHz, comprend entre autres les ondes GSM, UMTS, DECT, Bluetooth, radar et les fours micro-ondes,
- Dimensions : (l x h x e) 74 x 225 x 32 mm,
- Dimensions : (antenne logarithmique) 250 x 30 x 120 mm,
- Domaine d'intervention : Haute Fréquence (HF),
- Plage de mesure : (densité de flux) 1 – 1 999 $\mu\text{W}/\text{m}^2$,
- Poids : 470 g,
- Précision (CW) : ± 6 dB,
- Tension d'alimentation : Pile 9 V alcaline, indicateur batterie basse, autonomie 10 – 12 heures.

6.3 CARACTERISATION AVEC DES SONDES PROFESSIONNELLES

Les valeurs mesurées par l'HF32D sont données en $\mu\text{W}/\text{m}^2$ pour 14 fréquences, principalement de la téléphonie mobile. Un niveau de champ électromagnétique, sans modulation (CW), est généré puis mesuré avec l'analyseur de spectre FSV30 associé à une antenne cornet BBHA 9120 D équipée d'un préamplificateur BBV 9718. Ces mesures sont comparées à celle de l'HF-Analyser HF32D après substitution.

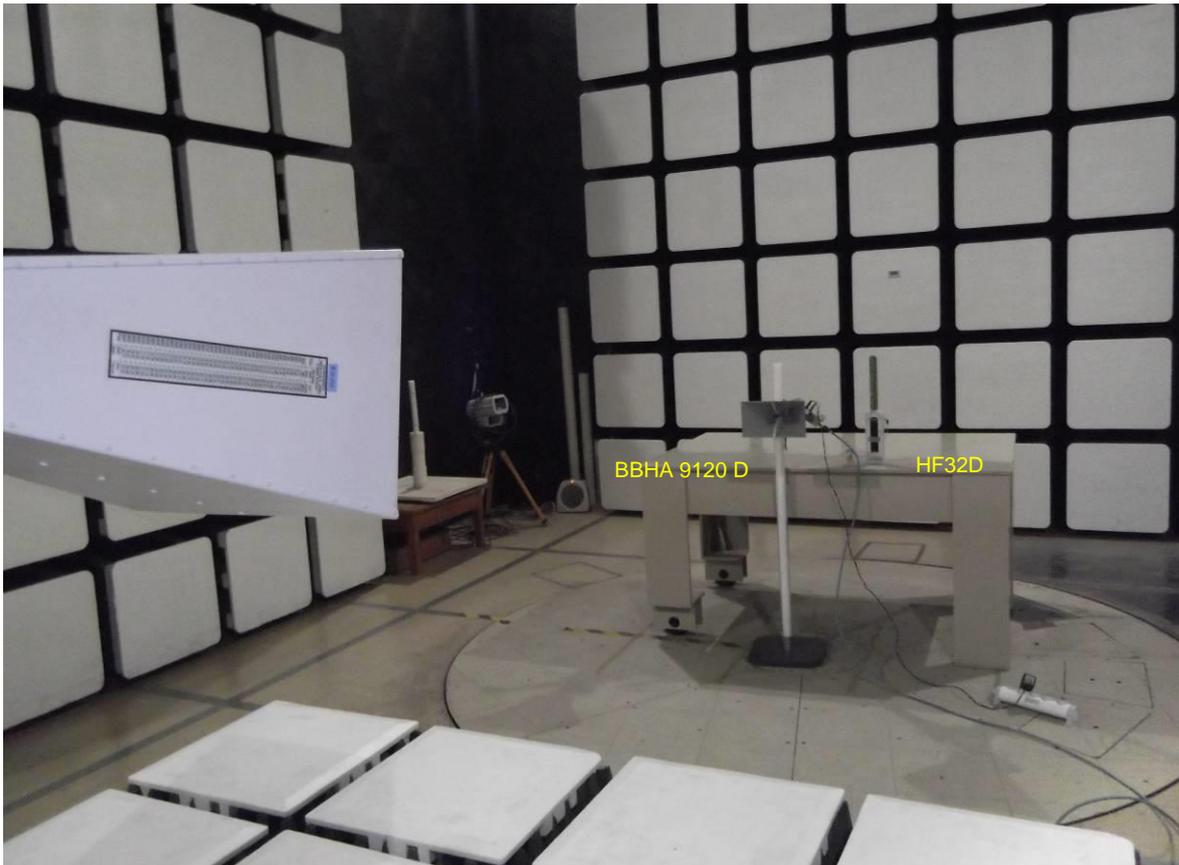


Photo 11 : HF 32D - Disposition des matériels de mesure et à tester

6.3.1 MESURES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE A FAIBLE AMPLITUDE

Tableau 30 : HF 32D - Champ électrique HF
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité.

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 dB μ V/m	Mesure FSV30 V/m	Mesure HF32D μ W/m ²	Mesure HF32D V/m	Tolérance + 6 dB	Tolérance - 6 dB
4G UL	791-821	810	101,1	0,11	13	0,07	0,24	0,06
4G DL	832-862	840	101,2	0,11	20	0,09	0,24	0,06
GSM900 UL	880-915	900	101,7	0,12	57	0,15	0,24	0,06
GSM900 DL	925-960	940	101,8	0,12	53	0,14	0,24	0,06
GSM1800 UL	1710-1785	1750	100,9	0,11	71	0,16	0,24	0,06
GSM1800 DL	1805-1880	1840	101,4	0,12	46	0,13	0,24	0,06
DECT	1880-1900	1890	101,5	0,12	37	0,12	0,24	0,06
UMTS DL	1920-1980	1950	101,5	0,12	85	0,18	0,24	0,06
UMTS UL	2110-2170	2140	101,7	0,12	69	0,16	0,24	0,06
WiFi 2G	2400-2500	2450	101,1	0,11	21	0,09	0,24	0,06
4G UL	2500-2570	2540	102	0,13	15	0,08	0,24	0,06
4G DL	2620-2690	2660	101,2	0,11	2	0,03	0,24	0,06

UL = Up Link (liaison montante) DL = Down Link (liaison descendante)

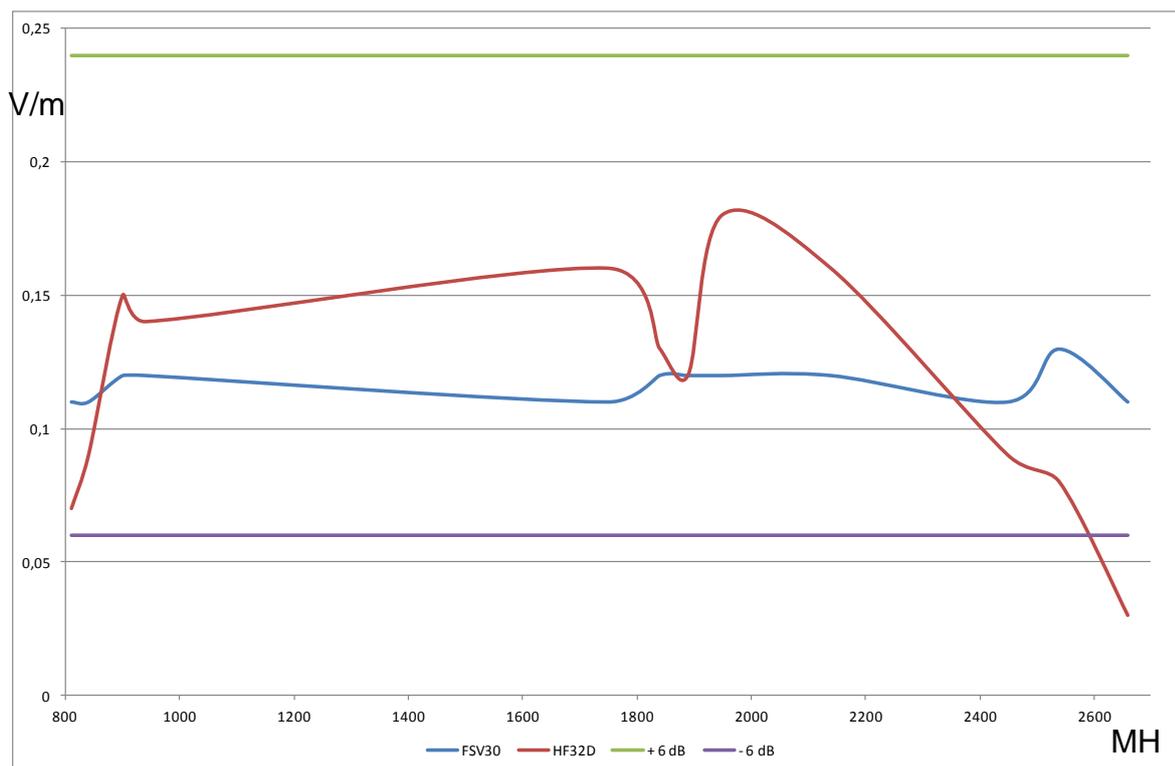


Figure 15 : HF 32D - Champ électrique HF
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité.

La tolérance de ± 6 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur de 2 pour une tension. Le point en dehors de la tolérance est à la fréquence de 2,66 GHz pour la 4G DL, à la limite supérieure de la gamme des fréquences mesurées ; ce point est fortement sous-estimé par ce mesureur (< 30%).

6.3.2 MESURES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE A MOYENNE AMPLITUDE

Tableau 31 : HF 32D - Champ électrique HF
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à intensité moyenne.

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 dB μ V/m	Mesure FSV30 V/m	Mesure HF32D μ W/m ²	Mesure HF32D V/m	Tolérance + 6 dB	Tolérance - 6 dB
4G UL	791-821	810	119,8	0,98	578	0,47	1,96	0,49
4G DL	832-862	840	120	1	788	0,55	2	0,50
GSM900 UL	880-915	900	119,5	0,94	911	0,59	1,88	0,47
GSM900 DL	925-960	940	119,6	0,95	1221	0,68	1,9	0,48
GSM1800 DL	1710-1785	1750	119,9	0,99	>1999	>0,87	1,98	0,50
	1710-1785	1750	117,7	0,77	1856	0,84	1,54	0,39
GSM1800 UL	1805-1880	1840	119,7	0,97	>1999	>0,87	1,94	0,49
	1805-1880	1840	118,9	0,88	1945	0,86	1,76	0,44
DECT	1880-1900	1890	120	1	>1999	>0,87	2	0,50
	1880-1900	1890	120,2	1,02	1976	0,86	2,04	0,51
UMTS DL	1920-1980	1950	119,6	0,95	1832	0,83	1,9	0,48
UMTS UL	2110-2170	2140	119,6	0,95	978	0,61	1,9	0,48
WiFi 2G	2400-2500	2450	120	1	1154	0,66	2	0,50
4G UL	2500-2570	2540	120,2	1,02	740	0,53	2,04	0,51
4G DL	2620-2690	2660	119,7	0,97	730	0,52	1,94	0,49

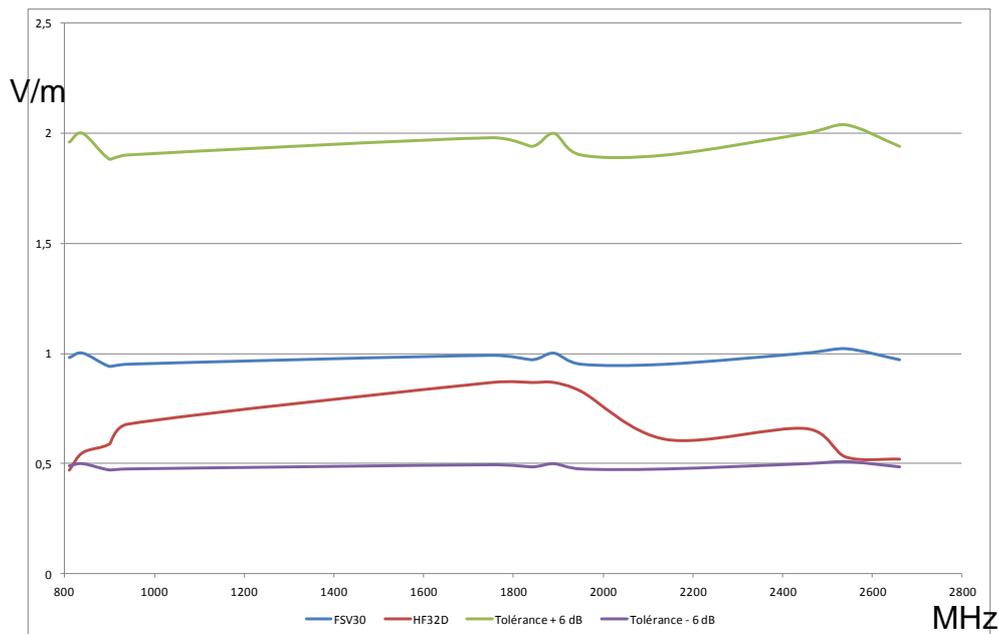


Figure 16 : HF 32D - Champ électrique HF
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à intensité moyenne.

Pour un même niveau de champ EM aux fréquences GSM 1800 et DECT, le champmètre HF32D est saturé. Ce dépassement de la sensibilité de l'appareil est indiqué par la mention « >1999 » à gauche de l'afficheur, et correspond à environ 0,87 V/m sur le HF32D, soit 1 V/m avec le FSV 30.

Pour le mode pulsé, 2 fréquences ont été retenues 900 et 1 800 MHz avec comme modulation GSM UL : période = 4 600 μ s – 1/8 du temps = 576 μ s.

Tableau 32 : HF 32D - Champ électrique HF- Emission par impulsions GSM.
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à intensité moyenne.

Fréquence	EP601	HF32D	HF32D	Rapport
MHz	mV/m	μ W/m ²	mV/m	HF32D/EP601
900	647	1975	863	1,3
1 800	568	1915	850	1,5

Donc en mode par impulsions GSM, le HF32D mesure également la valeur moyenne du champ, comme l'EP601, avec une incertitude conforme à la précision indiquée de l'appareil (<6dB).

Extrait de la notice :

Evaluation des différents services mobiles

Afin de pouvoir reproduire de manière véritable les différents services mobiles et formes de modulation avec le même genre de techniques de mesure, nous recommandons une approche spéciale adapté aux exigences respectives :

UMTS/3G, LTE/4G, WiMAX, DVB, WIAN en transmission maximale des données : en comparaison à la densité de puissance avec une transmission moyenne, ces services de grande vitesse comprennent des pics de signal très hauts et en forme d'aiguille. Mesurez donc pendant 1 à 2 minutes dans la direction principale de rayonnement en pivotant l'instrument doucement et multipliez la valeur maximale mesurée par dix avant de la comparer avec les valeurs recommandées.

Cette instruction est erronée, car il n'y a pas de danger identifié d'une impulsion élevée de cet ordre, et que les valeurs réglementaires considèrent de ce fait la valeur moyenne. C'est donc bien la valeur lue qui doit être comparée avec les valeurs recommandées.

6.4 CONCLUSION

L'HF-Analyser HF32D n'est pas un analyseur (niveau + fréquence) comme stipulé dans la notice mais un détecteur (niveau). Le niveau mesuré est donné mais pas la fréquence, dans la bande 800 MHz à 2,7 GHz. Le niveau de champ détecté en rouge (affiché en $\mu\text{W}/\text{m}^2$) est légèrement sous-estimé par rapport à la référence en bleu, mais dans les tolérances du constructeur. La sensibilité et la précision sont assez bonnes, mais la gamme d'intensité est limitée à moins de 1 V/m.

La nécessité de devoir utiliser la notice pour convertir des $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en mV/m est peu aisée (tableau en dernière page). L'appareil ne convertit pas la densité surfacique de puissance en champ électrique.

7. HFE 35C HF-ANALYSEUR (PRIX : 753,18 €)

7.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



Photo 12 : HFE 35C

L'antenne logarithmique périodique ou la sonde isotropique UBB27 G3 est insérée, à l'intérieur de l'ouverture « en forme de croix » située à l'avant de l'instrument, et raccordée à la prise SMA située sur le côté droit au-dessus de l'interrupteur marche/arrêt.

Il possède les mêmes fonctions et configurations que le HF32D mais avec des éléments en plus comme la sélection de gammes d'intensité (faible ou moyenne), la sélection du signal en Peak ou RMS, le réglage du volume audio, une sensibilité améliorée, une plage de fréquences plus étendue et une sonde isotropique additionnelle fournie.

7.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES (EXPERCEM)

- Bande de fréquence : 800 MHz – 2,7 GHz avec l'antenne log-périodique, 27 MHz – 3,3 GHz avec la sonde isotropique
- Plage de mesure : 0,1 – 1 999 $\mu\text{W}/\text{m}^2$, pouvant être affinée par commutateur sur 0,1 – 199,9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
- Affichage des valeurs crêtes (Peak) ou des valeurs moyennes (AVG) indication RMS sur l'appareil, par commutation,

Il y a ici une ambiguïté entre les valeurs RMS et AVG, qui ne sont pas les mêmes.

- Dimensions : (l x h x e) 74 x 225 x 32 mm,
- Dimensions : antenne log-périodique 250 x 30 x 120 mm – sonde isotropique 190 x 40 mm,
- Poids : 920 g,
- Précision (CW) : ± 6 dB avec antenne log-périodique (0,8 à 2,7 GHz) et ± 3 dB avec sonde isotropique (27 MHz à 3,3 GHz),
- Tension d'alimentation : Pile 9 V alcaline, indicateur batterie basse, autonomie 6 - 7 heures.

7.3 CARACTERISATION AVEC DES SONDES PROFESSIONNELLES

Les valeurs mesurées par l'HFE35C sont données en $\mu\text{W}/\text{m}^2$ pour 16 fréquences, principalement de la FM, TETRA et téléphonie mobile. Un niveau de champ électromagnétique, avec modulation GSM (période 4,6 ms – impulsion 577 μs) et modulation DECT (période 5 ms – impulsion 417 μs) ou en émission entretenue sans modulation (CW), est généré puis mesuré avec l'analyseur de spectre associé à une antenne cornet BBHA 9120 D équipée d'un préamplificateur BBV 9718. Ces mesures sont comparées à celle de l'HF-Analyser HFE35C après substitution.

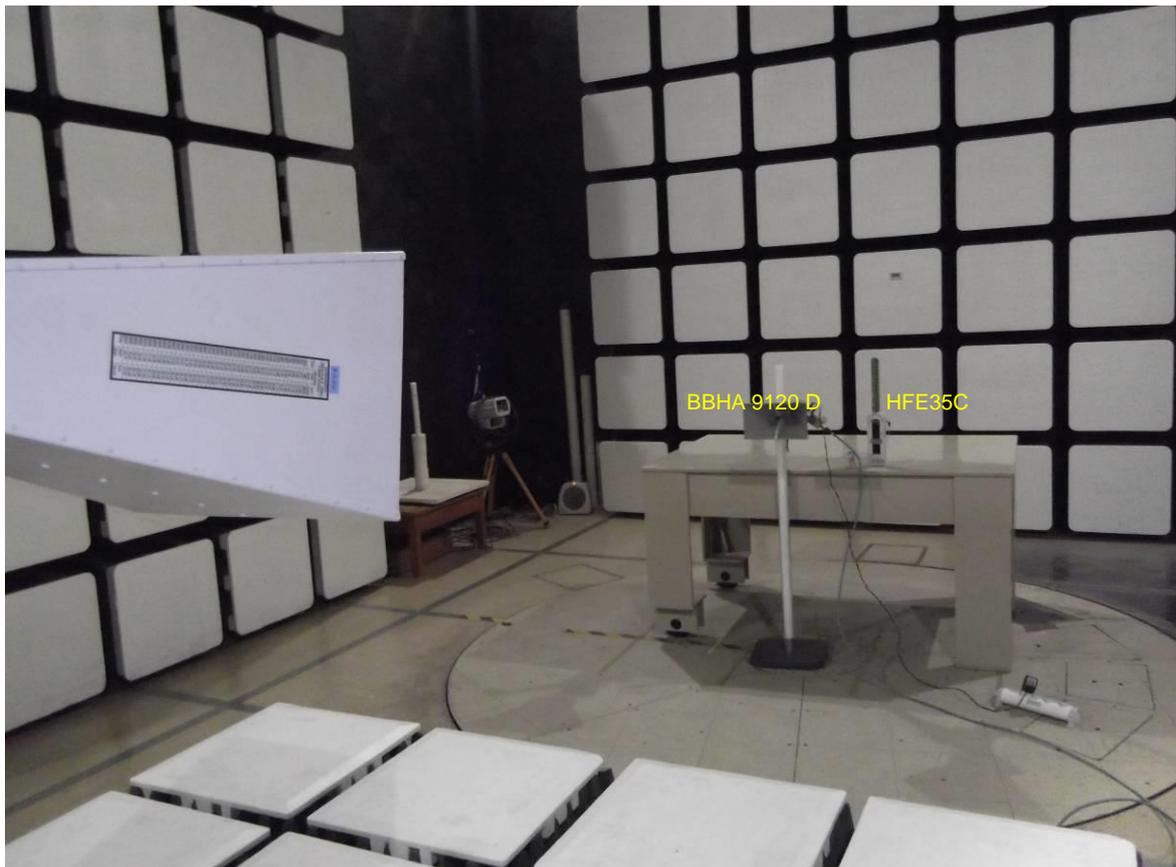


Photo 13 : HFE 35C - Disposition des matériels de mesure et à tester

7.3.1 MESURES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE A FAIBLE AMPLITUDE (ANTENNE LOG-PERIODIQUE)

Pour des niveaux de champs électromagnétiques à faible amplitude, le commutateur de gamme du HFE35C est positionné sur $199,9 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

Deux types de mesure en sélectionnant avec le commutateur *Signal* du champmètre sur *Peak* (P) puis sur *RMS*.

Tableau 33 : HFE 35C - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à faible intensité

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 P dBμV/m	Mesure FSV30 RMS dBμV/m	Mesure FSV30 AVG dBμV/m	Mesure FSV30 P V/m	Mesure FSV30 RMS V/m	Mesure FSV30 AVG V/m	Mesure HFE35C P μW/m ²	Mesure HFE35C RMS μW/m ²	Mesure HFE35C P V/m	Mesure HFE35C RMS V/m	Tolérance P + 6 dB V/m	Tolérance P - 6 dB V/m	Tolérance RMS + 6 dB V/m	Tolérance RMS - 6 dB V/m
GSM900 UL	880-915	900	100,4	92,4	84,8	0,105	0,042	0,017	25,4	3,7	0,098	0,037	0,209	0,052	0,083	0,021
GSM1800 UL	1710-1785	1750	99,9	91,4	83,1	0,099	0,037	0,014	46,6	6,1	0,133	0,048	0,198	0,049	0,074	0,019
DECT	1880-1900	1890	100,6	93,4	86,7	0,107	0,047	0,022	21,1	2,6	0,089	0,031	0,214	0,054	0,094	0,023

Modulation GSM UL : période = 4 600 μs – 1/8 du temps = 576 μs

Tableau 34 : HFE 35C - Champ électrique HF- Emission par impulsions GSM Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

Modulation	FSV30		HFE35C	HFE35C / FSV30	
	P / RMS	P / AVG	P / RMS	P	RMS
GSM900 UL	2,5	6,0	2,6	0,9	0,9
GSM1800 UL	2,7	6,9	2,8	1,3	1,3

Modulation DECT : période = 5 000 μs – 1/12 du temps = 417 μs

Tableau 35 : HFE 35C - Champ électrique HF- Emission par impulsions DECT Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

Modulation	FSV30		HFE35C	HFE35C / FSV30	
	P / RMS	P / AVG	P / RMS	P	RMS
DECT	2,3	5,0	2,8	0,8	0,7

En moyenne, la mesure en mode efficace (RMS) est 2,5 fois inférieure par rapport à la mesure crête et celle en mode moyenne (AVG) 6 fois inférieure par rapport à la mesure crête du FSV30. Le facteur 2,5 correspond à peu près à racine(8), pertinent pour une modulation GSM, mais pas pour la modulation DECT (racine(12)=3,5). Il n'y a pas d'interprétation évidente du facteur 6. Le rapport entre la mesure du HFE 35C et celle du FSV 30 est équivalent en P ou en RMS.

Tableau 36 : HFE 35C - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à faible intensité

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 P dB μ V/m	Mesure FSV30 RMS dB μ V/m	Mesure FSV30 AVG dB μ V/m	Mesure FSV30 P V/m	Mesure FSV30 RMS V/m	Mesure FSV30 AVG V/m	Mesure HFE35C P μ W/m ²	Mesure HFE35C RMS μ W/m ²	Mesure HFE35C P V/m	Mesure HFE35C RMS V/m	Tolérance P + 6 dB V/m	Tolérance P - 6 dB V/m	Tolérance RMS + 6 dB V/m	Tolérance RMS - 6 dB V/m
4G UL	791-821	810	100,3	100,2	100,2	0,104	0,102	0,102	17,4	13,5	0,081	0,071	0,207	0,052	0,205	0,051
4G DL	832-862	840	100,3	100	100	0,104	0,100	0,100	23,1	18,4	0,093	0,083	0,207	0,052	0,200	0,050
GSM900 DL	935-960	940	101,5	101,2	101,2	0,119	0,115	0,115	14,2	16	0,073	0,078	0,238	0,059	0,230	0,057
GSM1800 DL	1805-1880	1840	100,5	100,2	100,2	0,106	0,102	0,102	37,6	31,2	0,119	0,108	0,212	0,053	0,205	0,051
UMTS UL	1920-1980	1950	99,3	98,9	98,9	0,092	0,088	0,088	22,8	18,8	0,093	0,084	0,185	0,046	0,176	0,044
UMTS DL	2110-2170	2140	100,3	99,9	99,9	0,104	0,099	0,099	14,7	12,1	0,074	0,068	0,207	0,052	0,198	0,049
WiFi 2G	2400-2500	2450	101,1	100,7	100,7	0,114	0,108	0,108	19,2	15,8	0,085	0,077	0,227	0,057	0,217	0,054
4G UL	2500-2570	2540	99,3	98,9	98,9	0,092	0,088	0,088	6,6	5,5	0,050	0,046	0,185	0,046	0,176	0,044
4G DL	2620-2690	2660	101,2	100,8	100,8	0,115	0,110	0,110	13,8	10,8	0,072	0,064	0,230	0,057	0,219	0,055

En émission CW (continuous wave, onde entretenue), les différents niveaux P, RMS et AVG sont équivalents car le signal est constant. Il n'y a pas de variation de niveau comme lorsque le signal est modulé.

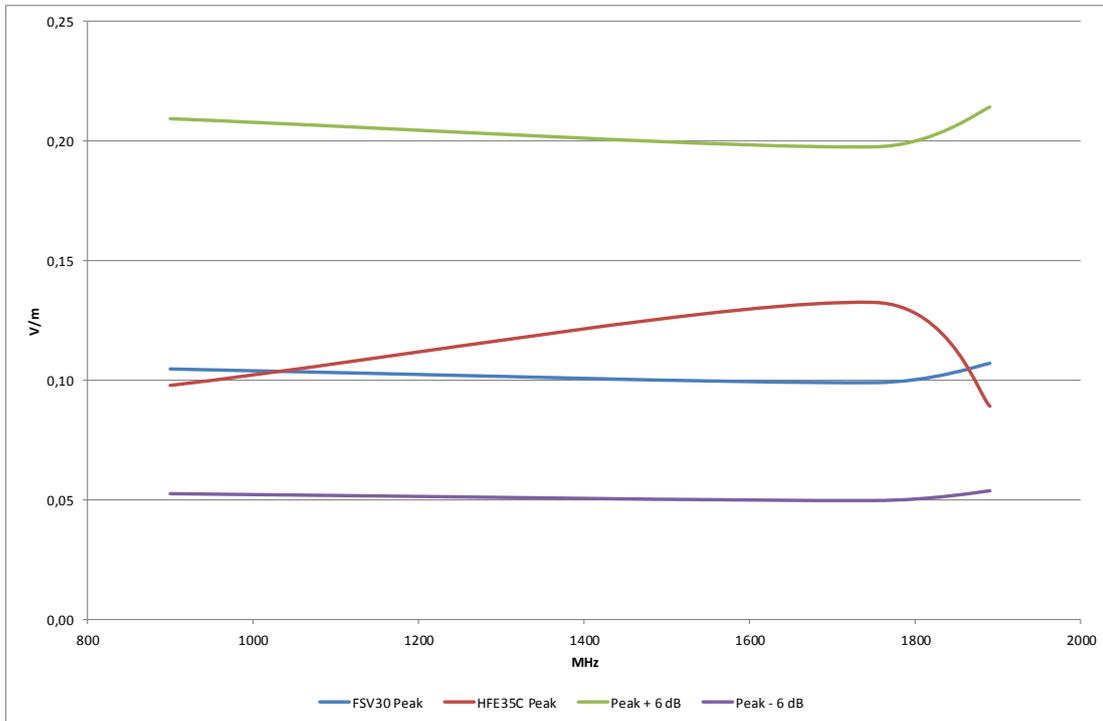


Figure 17 : HFE 35C - Champ électrique HF - Emissions modulées GSM et DECT – Valeur « Peak »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

La tolérance de ± 6 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur de 2 pour une tension. Les mesures Peak données par le HFE 35C sont dans les tolérances indiquées (modulations GSM et DECT).

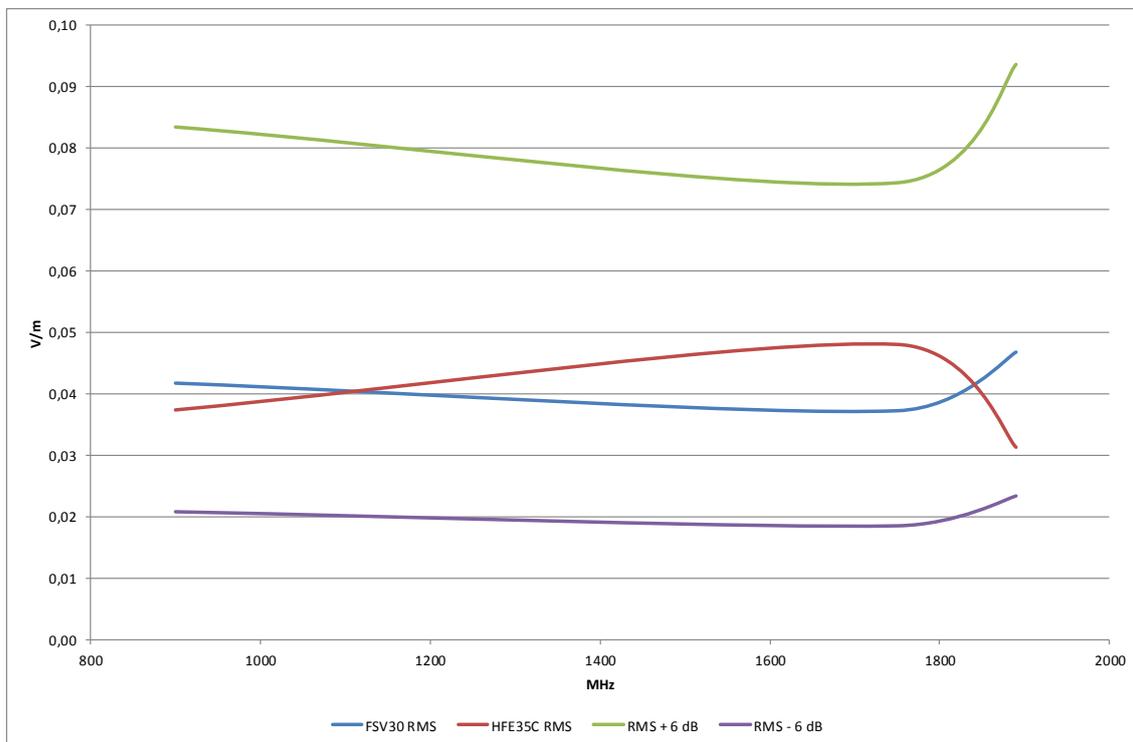


Figure 18 : HFE 35C - Champ électrique HF - Emissions modulées GSM et DECT - Valeur « RMS »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

La tolérance de ± 6 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur de 2 pour une tension. Les mesures RMS données par le HFE 35C sont dans les tolérances indiquées (modulations GSM et DECT).

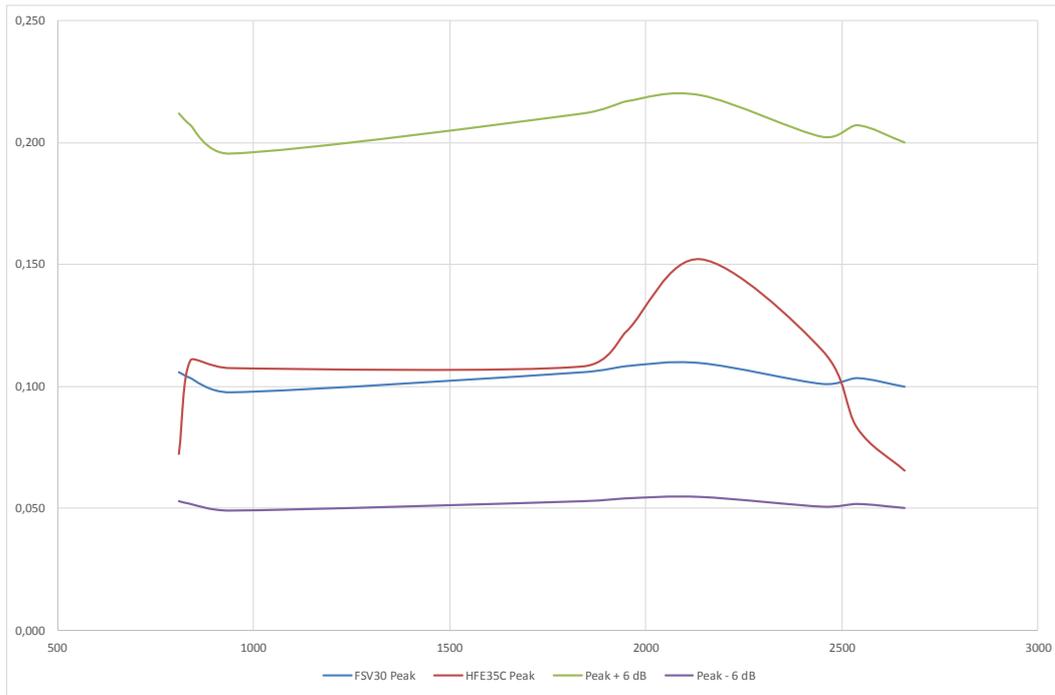


Figure 19 : HFE 35C - Champ électrique HF - Emission continue CW – Valeur « Peak »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

La tolérance de ± 6 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur de 2 pour une tension. Les mesures Peak données par le HFE 35C sont dans les tolérances indiquées (modulation CW).

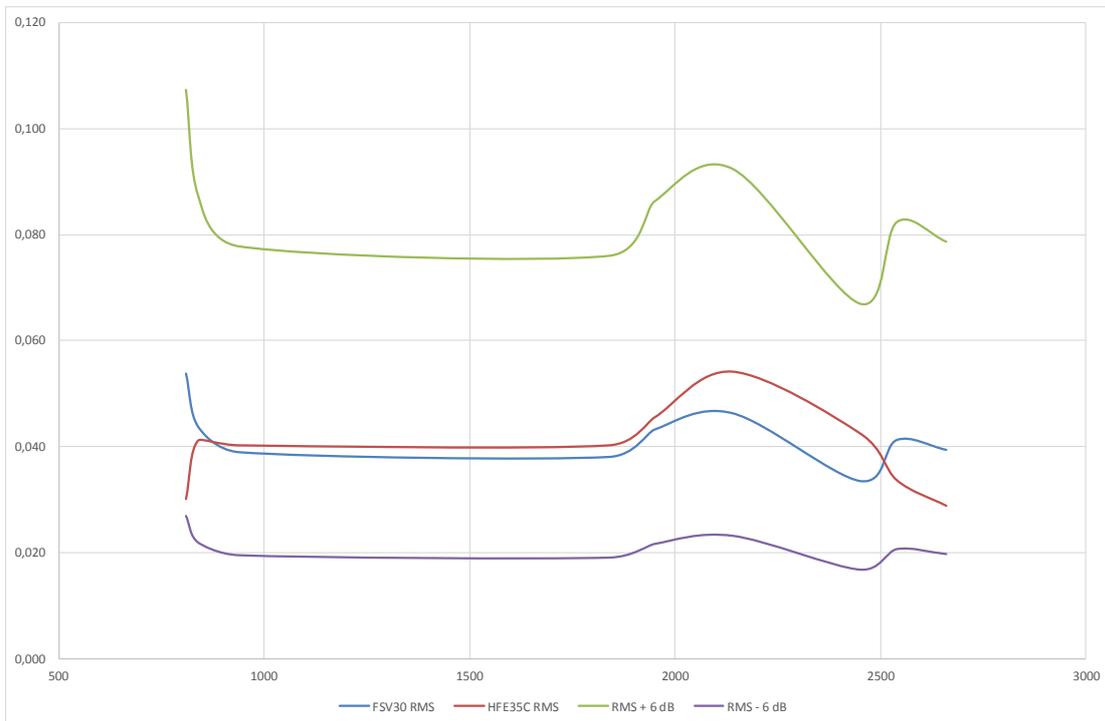


Figure 20 : HFE 35C - Champ électrique HF - Emission continue CW – Valeur « RMS »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

La tolérance de ± 6 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur de 2 pour une tension. Les mesures RMS données par le HFE 35C sont dans les tolérances indiquées (modulation CW).

7.3.1 MESURES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE A MOYENNE AMPLITUDE (ANTENNE LOG-PERIODIQUE)

Pour des niveaux de champs électromagnétiques à moyenne amplitude, le commutateur de gamme du HFE35C est positionné sur 1999 $\mu\text{W}/\text{m}^2$. Deux types de mesure, en sélectionnant avec le commutateur Signal du champmètre, sur Peak (P) puis sur RMS.

Tableau 37 : HFE 35C - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à moyenne intensité

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 P dB $\mu\text{V}/\text{m}$	Mesure FSV30 RMS dB $\mu\text{V}/\text{m}$	Mesure FSV30 AVG dB $\mu\text{V}/\text{m}$	Mesure FSV30 P V/m	Mesure FSV30 RMS V/m	Mesure FSV30 AVG V/m	Mesure HFE35C P $\mu\text{W}/\text{m}^2$	Mesure HFE35C RMS $\mu\text{W}/\text{m}^2$	Mesure HFE35C P V/m	Mesure HFE35C RMS V/m	Tolérance P + 6 dB V/m	Tolérance P - 6 dB V/m	Tolérance RMS + 6 dB V/m	Tolérance RMS - 6 dB V/m
GSM900 UL	880-915	900	112,4	104,4	96,6	0,417	0,166	0,068	213	25	0,283	0,097	0,834	0,208	0,332	0,083
GSM1800 UL	1805-1880	1840	112,9	104,4	95,9	0,442	0,166	0,062	1037	110	0,625	0,204	0,883	0,221	0,332	0,083
DECT	1880-1900	1890	113,3	106,2	99,2	0,462	0,204	0,091	504	39	0,436	0,121	0,925	0,231	0,408	0,102

Modulation GSM UL : période = 4 600 μs – 1/8 du temps = 576 μs ; on trouve bien le facteur 2,8 (racine(8)) comme rapport entre la mesure P et RMS.

Tableau 38 : HFE 35C - Champ électrique HF- Emission par impulsions GSM Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

Services	FSV30		HFE35C	HFE35C / FSV30	
	P / RMS	P / AVG	P / RMS	P	RMS
GSM900 UL	1,1	1,2	2,8	0,5	0,5
GSM1800 UL	1,1	1,2	3,0	1,8	1,5

Modulation DECT : période = 5 000 μs – 1/12 du temps = 417 μs ; on trouve bien le facteur 3,5 (racine(12)) comme rapport entre la mesure P et RMS.

Tableau 39 : HFE 35C - Champ électrique HF- Emission par impulsions DECT Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

Services	FSV30		HFE35C	HFE35C / FSV30	
	P / RMS	P / AVG	P / RMS	P	RMS
DECT	1,1	1,1	3,5	1,5	0,9

Tableau 40 : HFE 35C - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à moyenne intensité

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 P dBμV/m	Mesure FSV30 RMS dBμV/m	Mesure FSV30 AVG dBμV/m	Mesure FSV30 P V/m	Mesure FSV30 RMS V/m	Mesure FSV30 AVG V/m	Mesure HFE35C P μW/m ²	Mesure HFE35C RMS μW/m ²	Mesure HFE35C P V/m	Mesure HFE35C RMS V/m	Tolérance P + 6 dB V/m	Tolérance P - 6 dB V/m	Tolérance RMS + 6 dB V/m	Tolérance RMS - 6 dB V/m
4G UL	791-821	810	113,2	113,1	113,1	0,457	0,452	0,452	301	252	0,337	0,308	0,914	0,229	0,904	0,226
4G DL	832-862	840	112,2	112,1	112,1	0,407	0,403	0,403	395	336	0,386	0,356	0,815	0,204	0,805	0,201
GSM900 DL	925-960	940	113,2	113,1	113,1	0,457	0,452	0,452	458	379	0,416	0,378	0,914	0,229	0,904	0,226
GSM1800 DL	1710-1785	1750	114,3	114,3	114,3	0,519	0,519	0,519	1374	1155	0,720	0,660	1,038	0,259	1,038	0,259
UMTS DL	1920-1980	1950	114	113,9	113,9	0,501	0,495	0,495	738	589	0,527	0,471	1,002	0,251	0,991	0,248
UMTS UL	2110-2170	2140	112,9	112,7	112,7	0,442	0,432	0,432	830	763	0,559	0,536	0,883	0,221	0,863	0,216
WiFi 2G	2400-2500	2450	111,9	111,8	111,8	0,394	0,389	0,389	432	341	0,404	0,359	0,787	0,197	0,778	0,195
4G UL	2500-2570	2540	112,9	112,8	112,7	0,442	0,437	0,432	187	180	0,266	0,260	0,883	0,221	0,873	0,218
4G DL	2620-2690	2660	112,3	112,2	112,2	0,412	0,407	0,407	316	251	0,345	0,308	0,824	0,206	0,815	0,204

En émission CW (continuous wave, onde entretenue), les différents niveaux P, RMS et AVG sont équivalents car le signal est constant. Il n'y a pas de variation de niveau comme lorsque le signal est modulé .

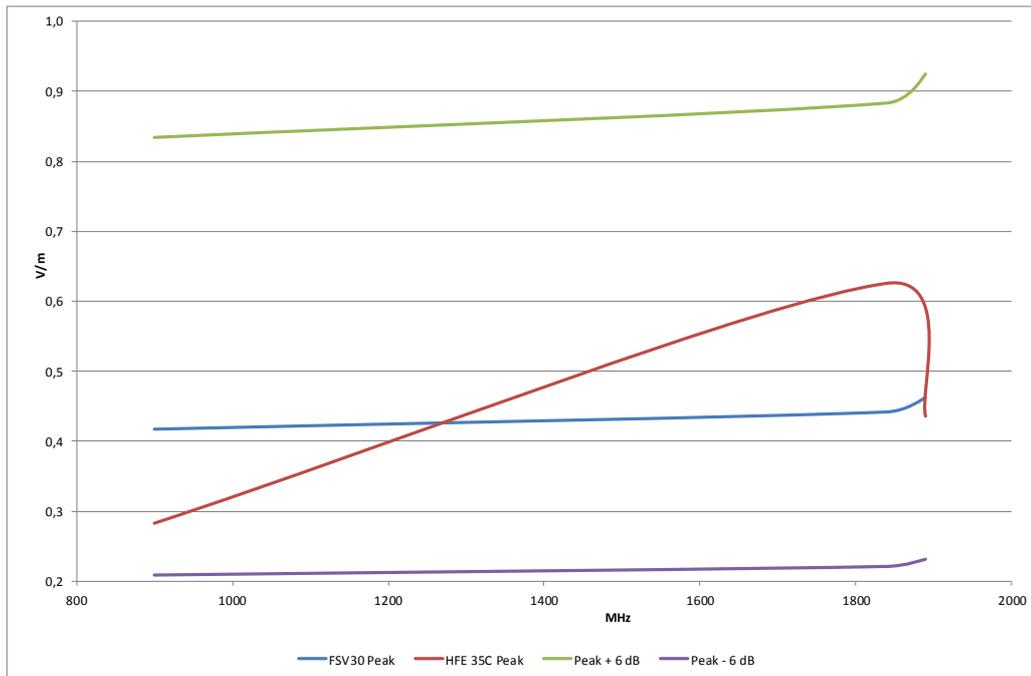


Figure 21 : HFE 35C - Champ électrique HF - Emissions modulées GSM et DECT – Valeur « Peak »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

La tolérance de ± 6 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur de 2 pour une tension. Les mesures Peak données par le HFE 35C sont dans les tolérances indiquées (modulations GSM et DECT).

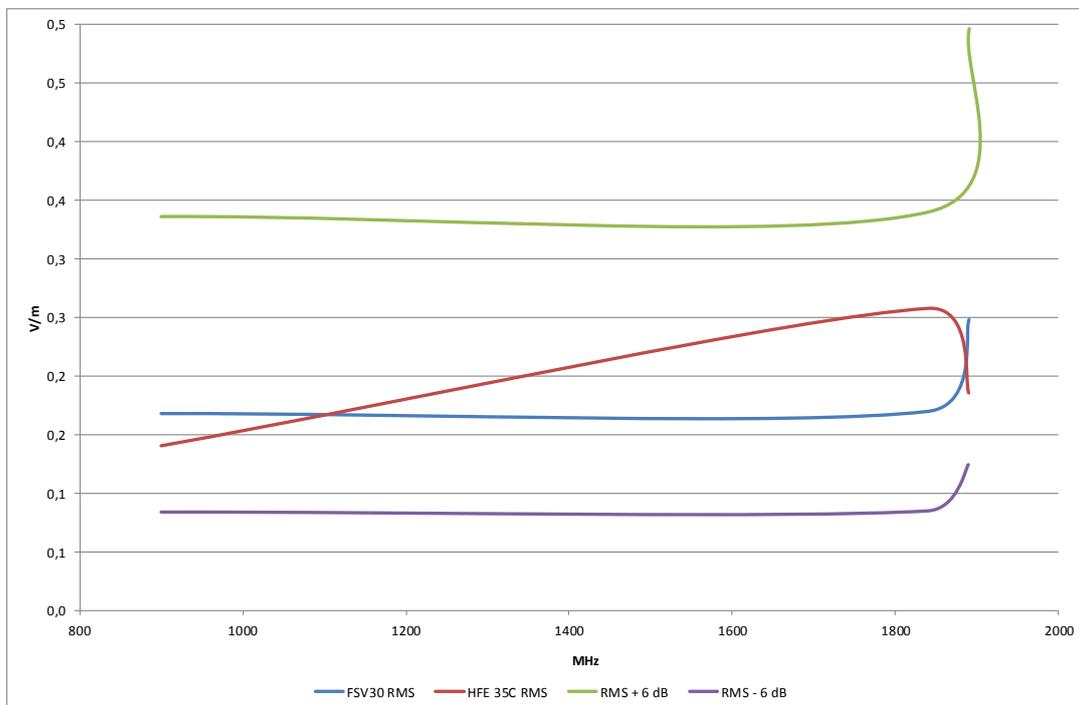


Figure 22 : HFE 35C - Champ électrique HF - Emissions modulées GSM et DECT - Valeur « RMS »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

La tolérance de 6 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur de 2 pour une tension. Les mesures RMS données par le HFE 35C sont dans les tolérances indiquées (modulation GSM et DECT).

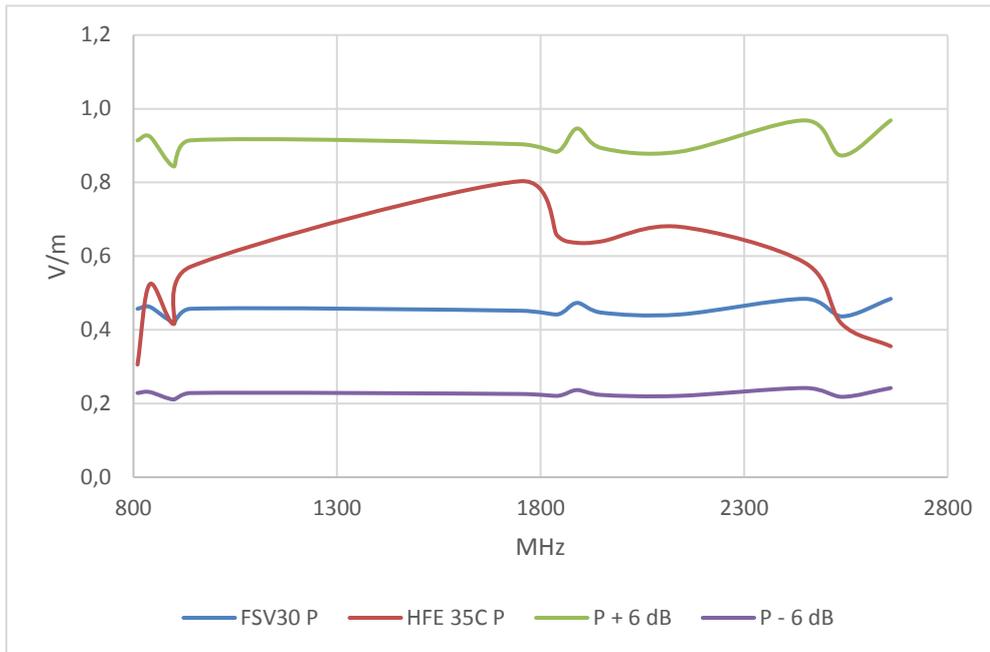


Figure 23 : HFE 35C - Champ électrique HF - Emission continue CW – Valeur « Peak »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

La tolérance de 6 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur de 2 pour une tension. Les mesures Peak données par le HFE 35C sont dans les tolérances indiquées (modulation CW).

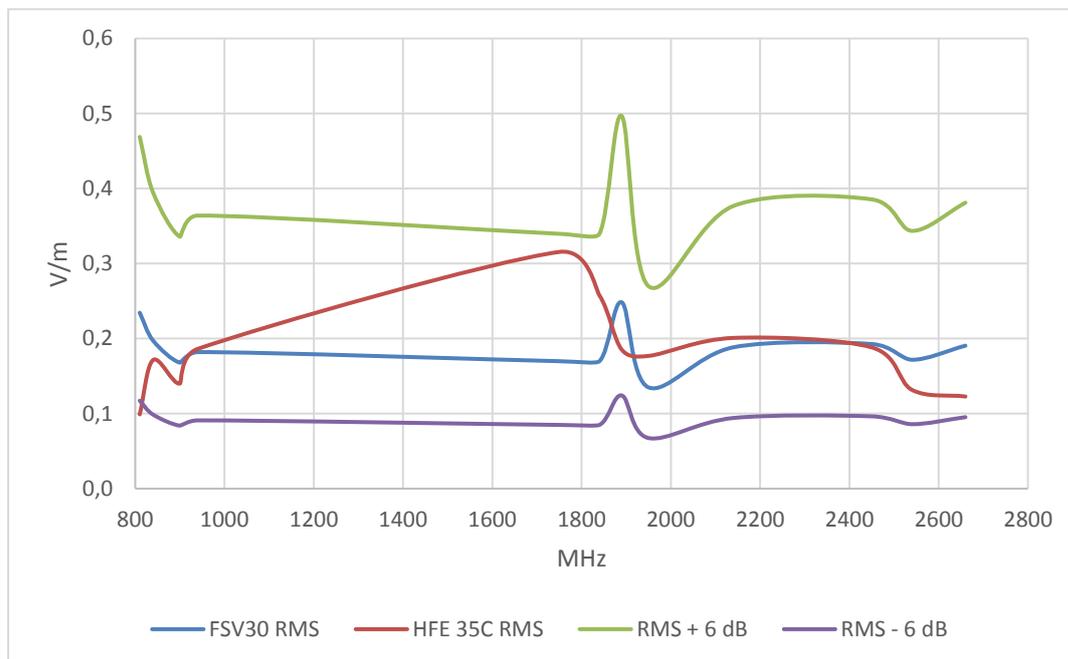


Figure 24 : HFE 35C - Champ électrique HF - Emission continue CW – Valeur « RMS »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

La tolérance de 6 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur de 2 pour une tension. Les mesures Peak données par le HFE 35C sont dans les tolérances indiquées (modulation CW) sauf à 810 MHz.

7.3.1 CONCLUSION (ANTENNE LOG-PERIODIQUE)

L'HF-Analyser HFE 35C n'est pas un analyseur (niveau + fréquence) comme stipulé dans la notice mais un détecteur (niveau). Le niveau mesuré est donné mais pas la fréquence, dans la bande 800 MHz à 2,7 GHz.

Le niveau de champ détecté par l'HFE 35C (affiché en $\mu\text{W}/\text{m}^2$) est en grande partie supérieur à la mesure de référence du FSV30, mais dans les tolérances du constructeur.

La nécessité de devoir utiliser la notice pour convertir des $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en mV/m est peu aisée (tableau en dernière page). L'appareil, de la même famille que le HF32D, ne convertit pas la densité surfacique de puissance en champ électrique. Les mesures en mode pulsé sont correctes, en valeur crête et en valeur moyenne.

7.3.2 MESURES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE A FAIBLE AMPLITUDE (SONDE ISOTROPIQUE UBB27 G3)

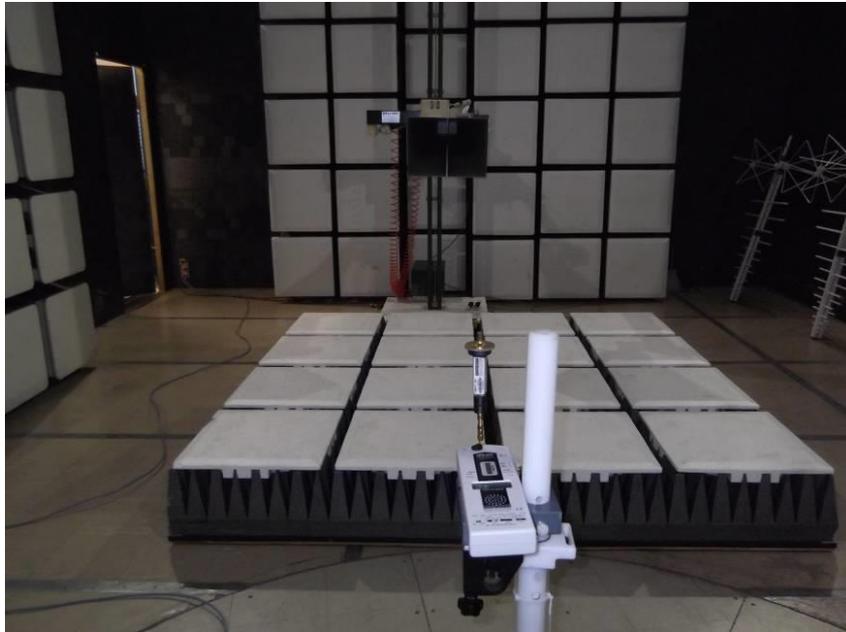


Photo 14 : Sonde UBB27 associée à HFE35C

Pour des niveaux de champs électromagnétiques à faible amplitude, le commutateur de gamme du HFE35C est positionné sur $199,9 \mu\text{W}/\text{m}^2$.

Deux types de mesure sont effectués, en sélectionnant avec le commutateur *Signal* du champmètre, sur *Peak (P)* puis sur *RMS*.

Tableau 41 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à faible intensité

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 P dBμV/m	Mesure FSV30 RMS dBμV/m	Mesure FSV30 AVG dBμV/m	Mesure FSV30 P V/m	Mesure FSV30 RMS V/m	Mesure FSV30 AVG V/m	Mesure HFE35C P μW/m ²	Mesure HFE35C RMS μW/m ²	Mesure HFE35C P V/m	Mesure HFE35C RMS V/m	Tolérance P + 3 dB V/m	Tolérance P - 3 dB V/m	Tolérance RMS + 3 dB V/m	Tolérance RMS - 3 dB V/m
GSM900 UL	880-915	900	100,8	92,7	84,9	0,110	0,043	0,018	23	6,4	0,093	0,049	0,155	0,078	0,061	0,031
GSM1800 UL	1805-1880	1840	101	92,7	84,5	0,112	0,043	0,017	31,4	7,3	0,109	0,052	0,159	0,079	0,061	0,031
DECT	1880-1900	1890	101,4	94,2	87,4	0,117	0,051	0,023	83,8	10,3	0,178	0,062	0,166	0,083	0,073	0,036

Modulation GSM UL : période = 4 600 μs – 1/8 du temps = 576 μs

Tableau 42 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF- Emission par impulsions GSM - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

Services	FSV30		HFE35C	HFE35C / FSV30	
	P/RMS	P/AVG	P/RMS	P	RMS
GSM900 UL	2,5	6,2	1,9	0,8	1,1
GSM1800 UL	2,6	6,7	2,1	1,0	1,2

Modulation DECT : période = 5 000 μs – 1/12 du temps = 417 μs

Tableau 43 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF- Emission par impulsions DECT - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

Services	FSV30		HFE35C	HFE35C / FSV30	
	P/RMS	P/AVG	P/RMS	P	RMS
DECT	2,3	5,0	2,9	1,5	1,2

Tableau 44 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à faible intensité

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 P dBμV/m	Mesure FSV30 RMS dBμV/m	Mesure FSV30 AVG dBμV/m	Mesure FSV30 P V/m	Mesure FSV30 RMS V/m	Mesure FSV30 AVG V/m	Mesure HFE35C P μW/m²	Mesure HFE35C RMS μW/m²	Mesure HFE35C P V/m	Mesure HFE35C RMS V/m	Tolérance P + 3 dB V/m	Tolérance P - 3 dB V/m	Tolérance RMS + 3 dB V/m	Tolérance RMS - 3 dB V/m
4G UL	791-821	810	100	99,8	99,8	0,100	0,098	0,098	38,2	30,7	0,120	0,108	0,141	0,071	0,138	0,069
4G DL	832-862	840	100	99,9	99,9	0,100	0,099	0,099	21,4	17,8	0,090	0,082	0,141	0,071	0,140	0,070
GSM900 DL	925-960	940	99,9	99,8	99,8	0,099	0,098	0,098	26,3	21,2	0,100	0,089	0,140	0,070	0,138	0,069
GSM1800 DL	1710-1785	1750	100,6	100,5	100,5	0,107	0,106	0,106	24,6	20,1	0,096	0,087	0,152	0,076	0,150	0,075
UMTS DL	1920-1980	1950	100	99,9	99,9	0,100	0,099	0,099	75	61,3	0,168	0,152	0,141	0,071	0,140	0,070
UMTS UL	2110-2170	2140	101,1	100,9	100,9	0,114	0,111	0,111	69,7	55,8	0,162	0,145	0,160	0,080	0,157	0,078
WiFi 2G	2400-2500	2450	99,8	99,6	99,6	0,098	0,095	0,095	32,2	25,8	0,110	0,099	0,138	0,069	0,135	0,068
4G UL	2500-2570	2540	100,2	100,1	100,1	0,102	0,101	0,101	74	60,2	0,167	0,151	0,145	0,072	0,143	0,072
4G DL	2620-2690	2660	100,8	100,7	100,6	0,110	0,108	0,107	38,5	31,4	0,120	0,109	0,155	0,078	0,153	0,077

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 P dBμV/m	Mesure FSV30 RMS dBμV/m	Mesure FSV30 AVG dBμV/m	Mesure FSV30 P V/m	Mesure FSV30 RMS V/m	Mesure FSV30 AVG V/m	Mesure HFE35C P μW/m²	Mesure HFE35C RMS μW/m²	Mesure HFE35C P V/m	Mesure HFE35C RMS V/m	Tolérance P + 3 dB V/m	Tolérance P - 3 dB V/m	Tolérance RMS + 3 dB V/m	Tolérance RMS - 3 dB V/m
Citizens' Band	26,965-27,405	27	100	99,6	99,6	0,100	0,095	0,095	8,5	6,8	0,057	0,051	0,141	0,071	0,135	0,068
FM	87,5-108	100	101	100,8	100,8	0,112	0,110	0,110	42,4	33,4	0,126	0,112	0,159	0,079	0,155	0,078
TV Bande IV	470-606	550	99,2	99	99	0,091	0,089	0,089	25,9	22	0,099	0,091	0,129	0,064	0,126	0,063

En rouge les points hors tolérance (± 3 dB notice constructeur)

Il est stipulé dans la notice de la sonde UBB27 page 4 :

Précision

L'antenne UBB27 possède un facteur d'inexactitude (comme toutes les antennes) qui se situe autour de ± 3 dB entre approximativement 85 MHz et 3,3 GHz. L'antenne continue en dessous de cette bande de fréquence mais avec une diminution importante de sensibilité.

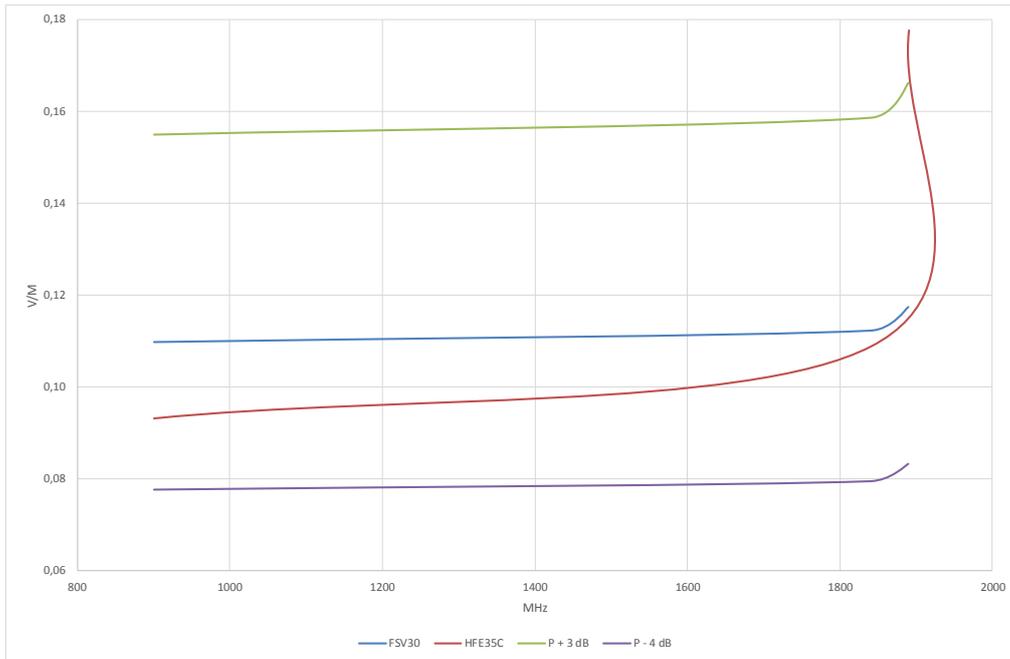


Figure 25 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Emissions modulées GSM et DECT
Valeur « Peak » - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

La tolérance de ± 3 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur par $\sqrt{2}$ pour une tension. Dans les tolérances avec une modulation GSM et hors tolérance avec une modulation DECT en mode Peak.

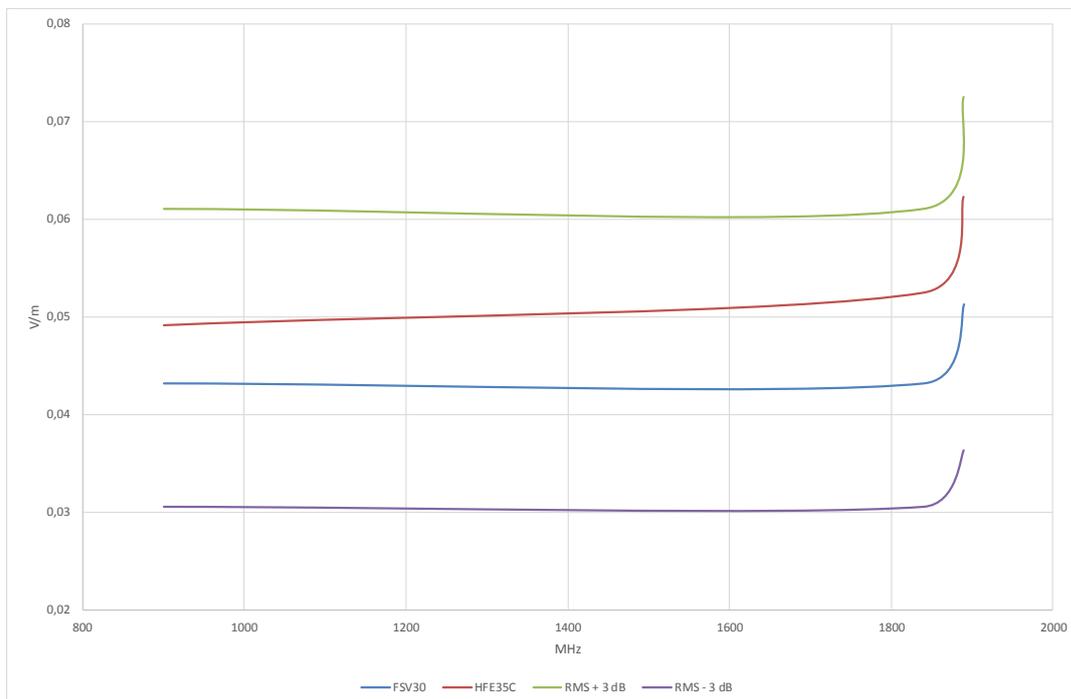


Figure 26 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Emissions modulées GSM et DECT -
Valeur « RMS » - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

La tolérance de ± 3 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur par $\sqrt{2}$ pour une tension. Dans les tolérances avec les modulations GSM et DECT en mode RMS.

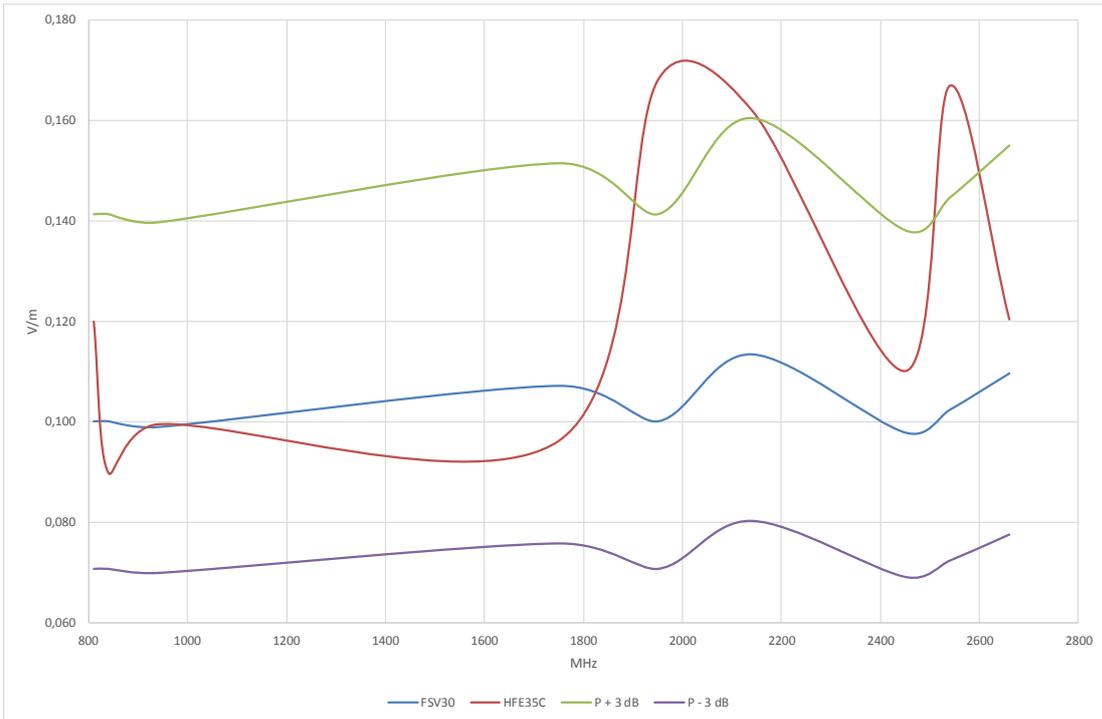


Figure 27 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Emission continue CW – Valeur « Peak »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

La tolérance de ± 3 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur par $\sqrt{2}$ pour une tension. Hors tolérances pour les services UMTS DL-UL et 4 G UL en mode Peak (modulation CW).

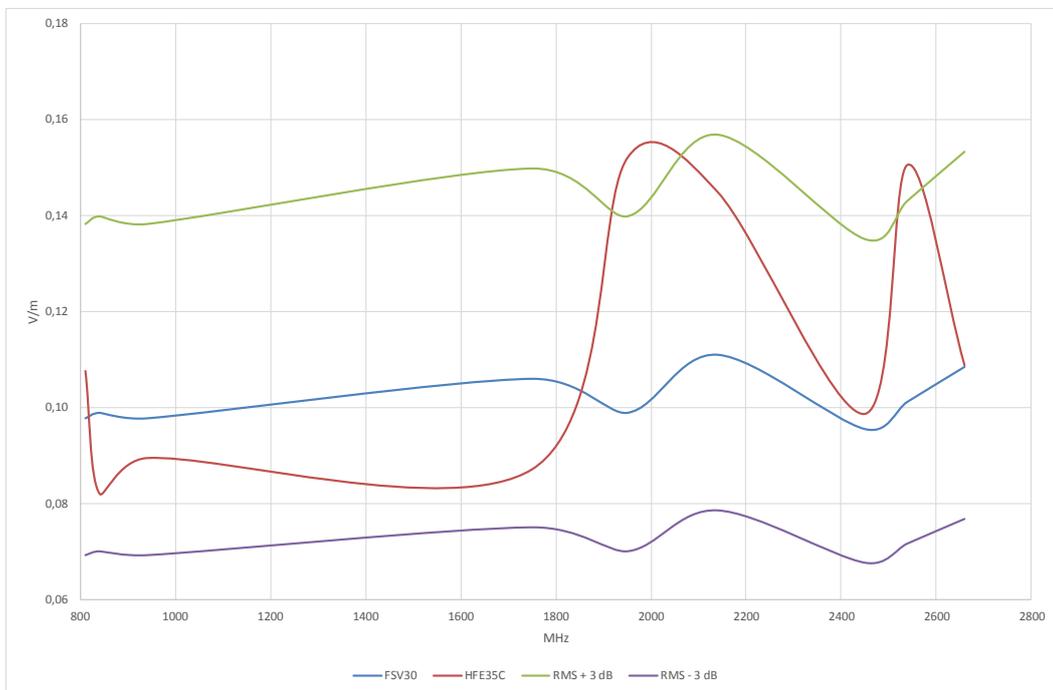


Figure 28 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Emission continue CW – Valeur « RMS »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

La tolérance de ± 3 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur par $\sqrt{2}$ pour une tension. Hors tolérances pour les services UMTS DL et 4 G UL en mode RMS (modulation CW).

7.3.1 MESURES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE A MOYENNE AMPLITUDE (SONDE ISOTROPIQUE UBB27 G3)

Pour des niveaux de champs électromagnétiques à moyenne amplitude, le commutateur de gamme du HFE35C est positionné sur 1999 $\mu\text{W}/\text{m}^2$.

Deux types de mesure sont effectués, en sélectionnant le commutateur Signal du champmètre, sur Peak (P) puis sur RMS.

Tableau 45 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à moyenne intensité

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 P dBμV/m	Mesure FSV30 RMS dBμV/m	Mesure FSV30 AVG dBμV/m	Mesure FSV30 P V/m	Mesure FSV30 RMS V/m	Mesure FSV30 AVG V/m	Mesure HFE35C P μW/m ²	Mesure HFE35C RMS μW/m ²	Mesure HFE35C P V/m	Mesure HFE35C RMS V/m	Tolérance P + 3 dB V/m	Tolérance P - 3 dB V/m	Tolérance RMS + 3 dB V/m	Tolérance RMS - 3 dB V/m
GSM900 UL	880-915	900	113,9	105,8	98,0	0,495	0,195	0,079	185	24	0,264	0,095	0,701	0,350	0,276	0,138
GSM1800 UL	1805-1880	1840	112,8	104,4	96,1	0,437	0,166	0,064	1576	175	0,771	0,257	0,617	0,309	0,235	0,117
DECT	1880-1900	1890	114	107,1	100,2	0,501	0,226	0,102	1458	119	0,741	0,212	0,709	0,354	0,320	0,160

Modulation GSM UL : période = 4 600 μs – 1/8 du temps = 576 μs

Tableau 46 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF- Emission par impulsions GSM - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

Services	FSV30		HFE35C	HFE35C / FSV30	
	P / RMS	P / AVG	P / RMS	P	RMS
GSM900 UL	1,1	1,2	2,8	0,5	0,5
GSM1800 UL	1,1	1,2	3,0	1,8	1,5

Modulation DECT : période = 5 000 μs – 1/12 du temps = 417 μs

Tableau 47 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF- Emission par impulsions DECT - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

Services	FSV30		HFE35C	HFE35C / FSV30	
	P / RMS	P / AVG	P / RMS	P	RMS
DECT	1,1	1,1	3,5	1,5	0,9

En rouge les points hors tolérance (± 3 dB notice constructeur)

Tableau 48 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à moyenne intensité

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure FSV30 P dBμV/m	Mesure FSV30 RMS dBμV/m	Mesure FSV30 AVG dBμV/m	Mesure FSV30 P V/m	Mesure FSV30 RMS V/m	Mesure FSV30 AVG V/m	Mesure HFE35C P μW/m ²	Mesure HFE35C RMS μW/m ²	Mesure HFE35C P V/m	Mesure HFE35C RMS V/m	Tolérance P + 3 dB V/m	Tolérance P - 3 dB V/m	Tolérance RMS + 3 dB V/m	Tolérance RMS - 3 dB V/m
4G UL	791-821	810	112,5	112,4	112,4	0,422	0,417	0,417	301	252	0,337	0,308	0,596	0,298	0,589	0,295
4G DL	832-862	840	113,4	113,4	112,1	0,468	0,468	0,403	1999	1999	0,868	0,868	0,661	0,331	0,661	0,331
GSM900 DL	925-960	940	113	113	113,0	0,447	0,447	0,447	359	292	0,368	0,332	0,632	0,316	0,632	0,316
GSM1800 DL	1710-1785	1750	112,7	112,6	112,6	0,432	0,427	0,427	836	683	0,561	0,507	0,610	0,305	0,603	0,302
UMTS DL	1920-1980	1950	113,4	113,2	113,2	0,468	0,457	0,457	1098	852	0,643	0,567	0,661	0,331	0,646	0,323
UMTS UL	2110-2170	2140	112,8	112,7	112,7	0,437	0,432	0,432	656	566	0,497	0,462	0,617	0,309	0,610	0,305
WiFi 2G	2400-2500	2450	113,9	113,8	113,8	0,495	0,490	0,490	923	731	0,590	0,525	0,701	0,350	0,693	0,346
4G UL	2500-2570	2540	112,6	112,4	112,4	0,427	0,417	0,417	183	152	0,263	0,239	0,603	0,302	0,589	0,295
4G DL	2620-2690	2660	113	112,9	112,9	0,447	0,442	0,442	776	627	0,541	0,486	0,632	0,316	0,624	0,312

1999 correspond à un état de saturation (1 à gauche de l'afficheur du champmètre)

En rouge les points hors tolérance (± 3 dB notice constructeur)

Modulation CW (continuous wave, onde entretenue), les différents niveaux P, RMS et AVG sont équivalents car le signal est constant. Il n'y a pas de variation de niveau comme lorsque le signal est modulé.

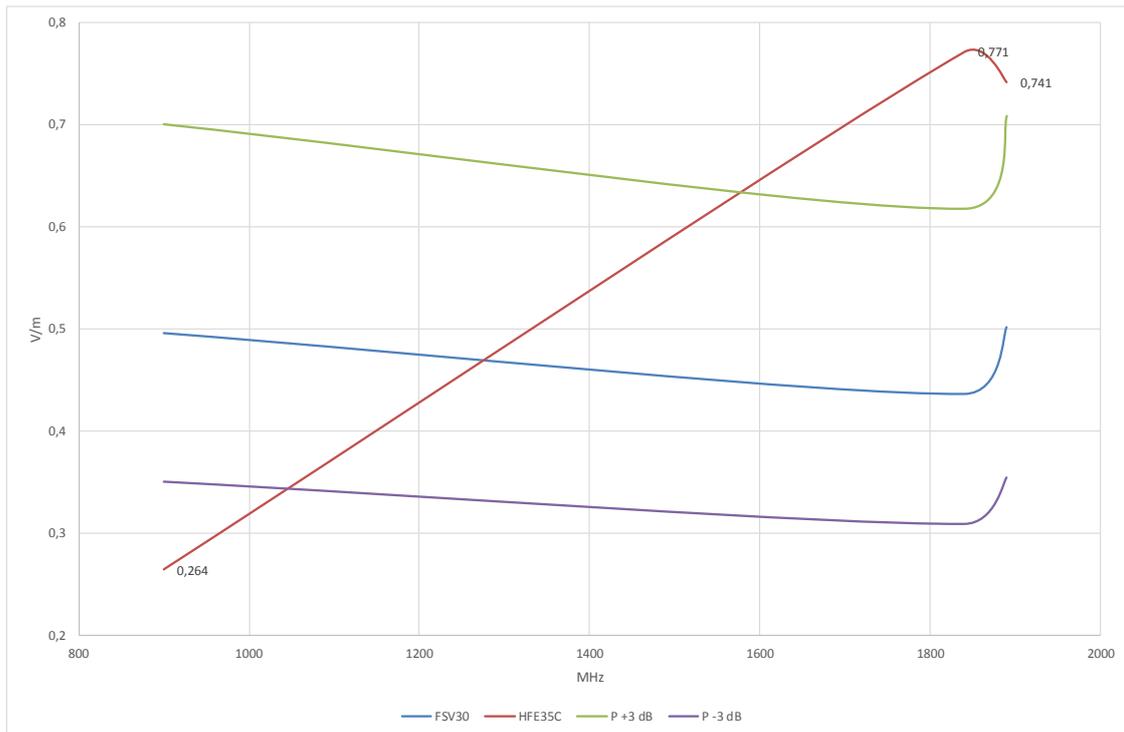


Figure 29 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Emissions modulées GSM et DECT - Valeur « Peak » - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

La tolérance de ± 3 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur par $\sqrt{2}$ pour une tension. Hors tolérance en mode Peak pour les services GSM et DECT.

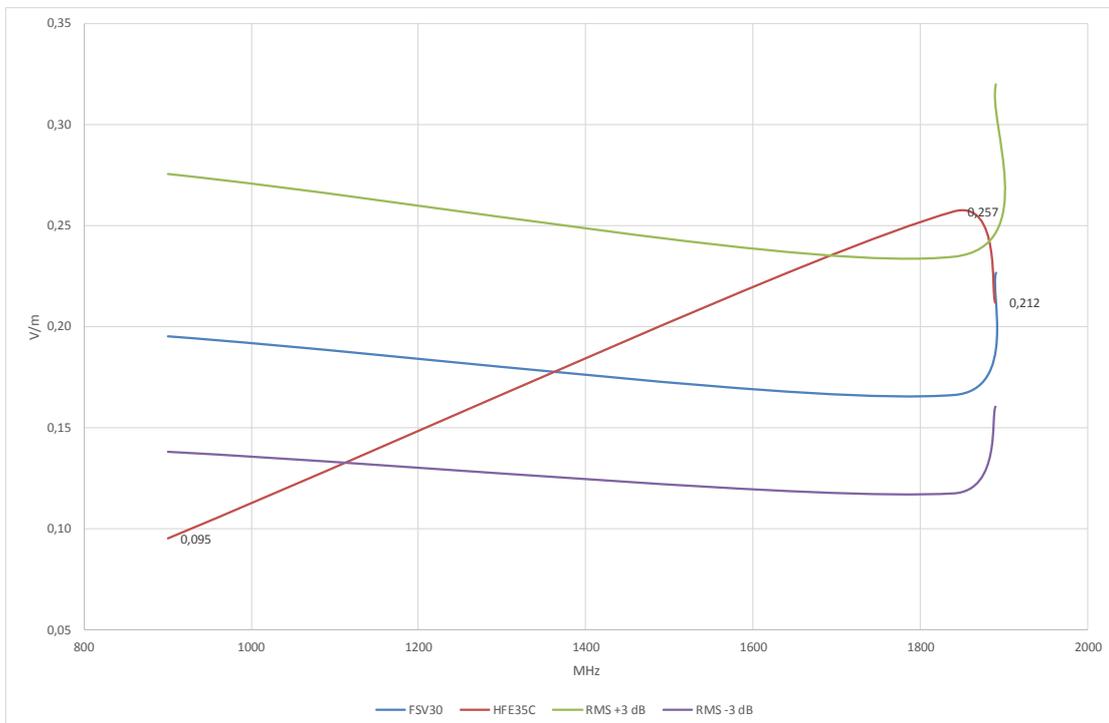


Figure 30 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Emissions modulées GSM et DECT - Valeur « RMS » - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

La tolérance de ± 3 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur par $\sqrt{2}$ pour une tension. Hors tolérance en mode Peak pour le service GSM.

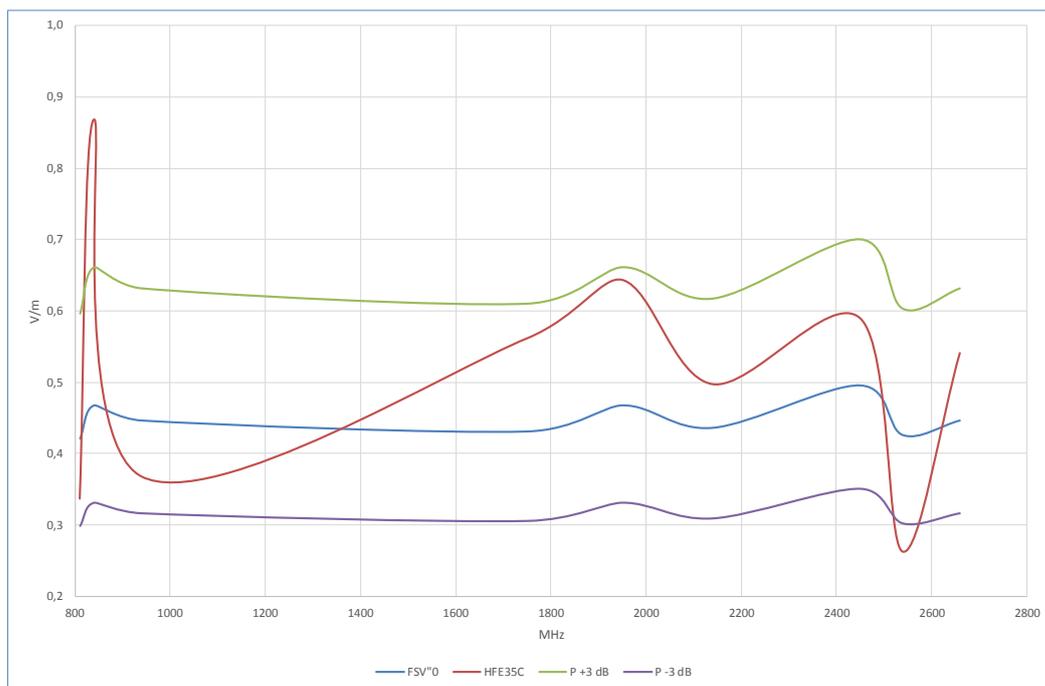


Figure 31 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Emission continue CW – Valeur « Peak »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

La tolérance de ± 3 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur par $\sqrt{2}$ pour une tension. Hors tolérance en mode Peak (modulation CW) pour les services 4G DL (840 MHz) et 4G UL (2 540 MHz).

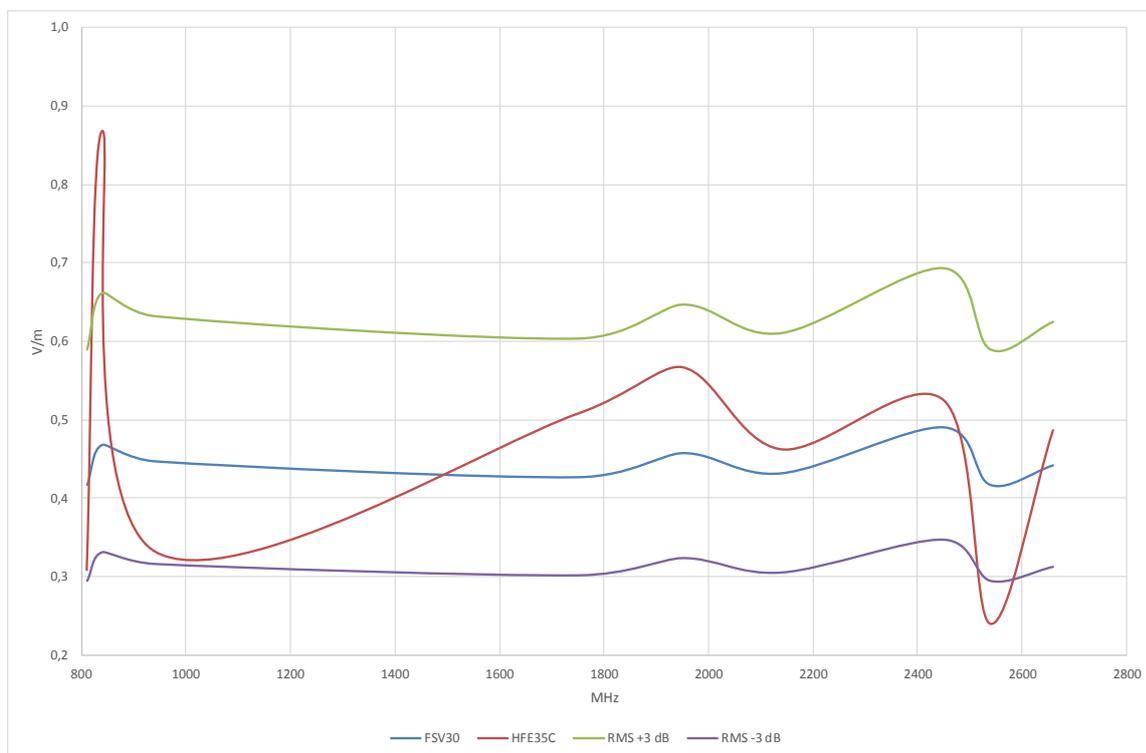


Figure 32 : HFE 35C et sonde UBB27 - Champ électrique HF - Emission continue CW – Valeur « RMS »
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

La tolérance de ± 3 dB (précision de l'appareil) correspond à un facteur multiplicateur ou diviseur par $\sqrt{2}$ pour une tension. Hors tolérance en mode RMS (modulation CW) pour les services 4G DL (840 MHz) et 4G UL (2 540 MHz).

7.3.1 CONCLUSION (SONDE ISOTROPIQUE UBB27 G3)

L'HF-Analyser HFE35C n'est pas un analyseur (niveau + fréquence) comme stipulé dans la notice mais un détecteur (niveau). Le niveau mesuré est donné mais pas la fréquence dans la bande 27 MHz à 2,7 GHz.

Le niveau de champ détecté par l'HFE35C (affiché en $\mu\text{W}/\text{m}^2$) est surestimé par rapport à la mesure de référence du FSV30 (appareil saturé).

La nécessité de devoir utiliser la notice pour convertir des $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en mV/m est peu aisée (tableau en dernière page). L'appareil, de la même famille que le HF32D, ne convertit pas la densité surfacique de puissance en champ électrique.

8. HF 59B HF-ANALYSEUR (PRIX : 1 176 €)

8.1 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



Photo 15 : HF 59B

L'antenne logarithmique périodique est insérée, à l'intérieur de l'ouverture « en forme de croix » située à l'avant de l'instrument, et raccordée à la prise SMA située sur le côté droit au-dessus de l'interrupteur marche/arrêt.

Il possède les mêmes fonctions et configurations que le HF32D mais avec des éléments en plus comme la sélection du signal en Peak, Peak hold ou RMS, le réglage du volume audio. Trois gammes de mesures amplifiées ou atténuées, suivant la sélection 0 dB, - 20 dB et + 10 dB. Pour chaque gamme 3 niveaux max, med et min.

8.2 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

- Bande de fréquence : 800 MHz – 3 GHz,
- Plage de mesure : 0,01 – 1 999 mW/m², résolution : 0,01 μW/m²
- Affichage des valeurs Peak, Peak hold ou des valeurs RMS par commutation,
- Dimensions : (l x h x e) 74 x 225 x 32 mm,
- Dimensions : antenne log-périodique 220 x 180 x 120 mm
- Poids : 920 g,
- Précision (CW) : ± 3 dB
- Tension d'alimentation : Batterie 9,6 V NiMH, indicateur batterie basse, autonomie 7 - 8 heures.

8.3 CARACTERISATION AVEC DES SONDES PROFESSIONNELLES

Les valeurs mesurées par l'HF 59B sont données en μW/m² et mW/m² pour 16 fréquences, principalement de la FM, TETRA et téléphonie mobile. Un niveau de champ électromagnétique, avec ou sans modulation, est généré puis mesuré avec le récepteur de mesure MXE N9038A associé à une antenne cornet BBHA 9120 D. Ces mesures sont comparées à celle de l'HF-Analyser HF 59B après substitution.



Photo 16 : HF 59B - Disposition des matériels de mesure et à tester

8.3.1 MESURES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE FAIBLE AMPLITUDE (VBW STANDARD)

Pour des niveaux de champs électromagnétiques de faible amplitude, le commutateur de gamme du HF 59B est positionné sur + 10 dB (rapport 3 en tension).

Trois types de mesure sont effectués, en positionnant le commutateur *Signal* du champmètre sur *Peak* (P), *Peak hold* (Ph) puis sur *RMS*.

Tableau 49 : HF 59B - Champ électrique HF – Gammes d'intensité mesurées faible amplitude

Range	Bar on LCD	With ext. Preamplifier HV10 switch "Adapter" to "amplifier +10 dB" Displayed value & unit
max	low	0,1 – 1999 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
med	low	0,01 – 19,99 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
min	low	0,001 – 1,999 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Simply read out, no correction factor		

8.3.1.1 SELECTEURS POSITIONS SUR MIN ET SUR + 10 DB

Niveau modulé généré dans la chambre anéchoïque puis mesuré à chaque milieu de gamme par l'équipement HF pour qu'il affiche $\approx 1 \mu\text{W}/\text{m}^2$ puis mesuré par substitution par le récepteur MXE de référence et son antenne pour 7 fréquences entre 840 et 2 660 MHz.

Tableau 50 : HF 59B - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à faible intensité (Min, +10dB)

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure MXE P dB μ V/m	Mesure MXE Ph dB μ V/m	Mesure MXE RMS dB μ V/m	Mesure MXE P mV/m	Mesure MXE Ph mV/m	Mesure MXE RMS mV/m	Mesure HF59B P μ W/m ²	Mesure HF59B Ph μ W/m ²	Mesure HF59B RMS μ W/m ²	Mesure HF59B P mV/m	Mesure HF59B Ph mV/m	Mesure HF59B RMS mV/m
4G DL	832-862	840	100,2	100,3	99,9	102,3	103,5	98,9	1,018	1,023	1,005	19,6	19,6	19,5
GSM900 DL	925-960	940	102,5	102,8	102,5	133,4	138,0	133,4	1,009	1,013	0,997	19,5	19,5	19,4
GSM1800 DL	1710-1785	1750	100,3	100,3	99,9	103,5	103,5	98,9	1,002	1,013	0,991	19,4	19,5	19,3
DECT	1880-1900	1890	96,3	96,5	73,1	65,3	66,8	4,5	1,019	1,002	0,093	19,6	19,4	5,9
UMTS DL	1920-1980	1950	101,8	101,9	101,5	123,0	124,5	118,9	1,016	1,022	1,001	19,6	19,6	19,4
WiFi 2G	2400-2500	2450	106,5	106,6	106,3	211,3	213,8	206,5	1,013	1,036	0,991	19,5	19,8	19,3
4G DL	2620-2690	2660	105	105,2	104,7	177,8	182,0	171,8	1,013	1,016	0,996	19,5	19,6	19,4
Moyenne			101,8	101,9	98,3	131,0	133,2	119,0	1,013	1,018	0,868	19,5	19,6	17,5
Rapport de la moyenne MXE/HF59B en Peak, Peak hold et RMS												7	7	7

En moyenne, les mesures Peak, Peak hold et RMS du HF59B sont 7 fois inférieures par rapport aux mesures affichées par le récepteur MXE de la chaîne de mesure de référence. Ce rapport serait compréhensible pour la puissance ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$) en mode d'impulsions GSM, mais il ne l'est pas en champ électrique pour des émissions continues CW. Il semble y avoir une erreur d'interprétation des expositions et de la programmation ou des réglages effectués sur cet appareil.

La tolérance donnée par le constructeur est de ± 3 dB, ce qui correspond à un rapport de $\pm \sqrt{2}$ ($\pm 1,414$). Les valeurs indiquées par le HF59B sont 5 fois inférieures à celles du MXE en tenant compte de la tolérance.

Les mesures en Peak hold et RMS sont équivalentes comparativement à celle de la mesure en Peak car le niveau généré par l'amplificateur de la chambre anéchoïque est stable pour le mode CW (onde entretenue).

Tableau 51 : HF 59B - Champ électrique HF- Emission par impulsions GSM et DECT
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à faible intensité

	Fréquence	PMM8053	HF59B	HF59B	Rapport
	MHZ	mV/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$	mV/m	PMM/HF59B
min	900	250	1,966	27,2	9,2
	1800	LOW	1,973	27,3	
med	900	1210	19,73	86,2	14,0
	1800	1230	19,92	86,7	14,2
max	900	11510	1978	863,5	13,3
	1800	13020	1983	864,6	15,1

Pour l'émission à la fréquence DECT, le rapport est de 14 entre P et RMS. Le même commentaire que précédemment s'applique ici (facteur 12 en puissance d'une émission par impulsions DECT), ce qui semble confirmer l'erreur d'interprétation. Seul le niveau RMS mesuré par le HF59B est proche de celui mesuré par le MXE.

Pour les émissions en mode GSM, le niveau est systématiquement sous-estimé d'un facteur 14 environ. Il y a là aussi un réglage incorrect.

* LOW = < 0,25 V/m

8.3.2 MESURES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE MOYENNE AMPLITUDE (VBW STANDARD)

Pour des niveaux de champs électromagnétiques de moyenne amplitude le commutateur de gamme du HF 59B est positionné sur 0 dB (lecture directe).

Trois types de mesure en sélectionnant avec le commutateur *Signal* du champmètre sur *Peak* (P), *Peak hold* (Ph) puis sur *RMS*.

Tableau 52 : HF 59B - Champ électrique HF – Gammes d'intensité mesurées moyenne amplitude

Range	Bar on LCD	Instrument as delivered, i.e. without preamplifier or attenuator switch "Adapter" ("level adjustment") to "0 dB" Displayed value & unit
max	top	0,01 – 19,99 mW/m ²
med	low	0,1 – 199,9 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
min	low	0,01 – 19,99 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Simply read out, no correction factor		

8.3.2.1 SELECTEURS POSITIONS SUR MED ET SUR 0 DB

Niveau modulé généré dans la chambre anéchoïque puis mesuré à chaque milieu de gamme par l'équipement HF pour qu'il affiche $\approx 100 \mu\text{W}/\text{m}^2$ puis mesuré par substitution par le récepteur de référence avec son antenne pour 7 fréquences choisies entre 840 et 2 660 MHz.

Tableau 53 : HF 59B - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à moyenne intensité (Med, 0 dB)

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure MXE P dB μ V/m	Mesure MXE Ph dB μ V/m	Mesure MXE RMS dB μ V/m	Mesure MXE P mV/m	Mesure MXE Ph mV/m	Mesure MXE RMS mV/m	Mesure HF59B P μ W/m ²	Mesure HF59B Ph μ W/m ²	Mesure HF59B RMS μ W/m ²	Mesure HF59B P mV/m	Mesure HF59B Ph mV/m	Mesure HF59B RMS mV/m
4G DL	832-862	840	103,5	103,5	103,2	149,6	149,6	144,5	100,5	100,9	98,5	194,6	195,0	192,7
GSM900 DL	925-960	940	107,3	107,3	107,0	231,7	231,7	223,9	100,8	101,3	98,8	194,9	195,4	193,0
GSM1800 DL	1710-1785	1750	104,4	104,4	104,0	166,0	166,0	158,5	101,4	101,9	99,8	195,5	196,0	194,0
DECT	1880-1900	1890	106,8	106,8	85,0	218,8	218,8	17,8	134,3	135,5	2,8	225,0	226,0	32,5
UMTS DL	1920-1980	1950	105,4	105,4	105,1	186,2	186,2	179,9	105	105,1	105,4	199,0	199,1	199,3
WiFi 2G	2400-2500	2450	111,3	111,3	111,0	367,3	367,3	354,8	101,7	102,4	100,5	195,8	196,5	194,6
4G DL	2620-2690	2660	109,6	109,6	109,3	302,0	302,0	291,7	102	103,7	100,3	196,1	197,7	194,5
Moyenne						231,7	231,7	195,9	106,5	107,3	86,6	200,1	200,8	171,5
Rapport de la moyenne MXE/HF59B en Peak, Peak hold et RMS												1,2	1,2	1,1

En moyenne, les mesures Peak, Peak hold et RMS du MXE sont 1,2 fois supérieures par rapport aux mesures affichées par le HFE59B.

La tolérance donnée par le constructeur est de ± 3 dB, ce qui correspond à un rapport de 2 si la tolérance est pour le champ électrique, ou de $\pm \sqrt{2}$ ($\pm 1,414$) pour le champ électrique si la tolérance indiquée est pour la puissance. Les valeurs indiquées sont donc conformes.

Les mesures en Peak hold et RMS sont équivalentes comparativement à celle de la mesure en Peak car le niveau généré par l'amplificateur de la chambre anéchoïque est stable pour le mode CW (onde entretenue). Pour la modulation DECT, le rapport est de 12 entre P et RMS pour le MXE et de 7 pour le HF59B.

Modulation GSM UL : période = 4 600 μ s – 1/8 du temps = 576 μ s

Tableau 54 : HF 59B - Champ électrique HF- Emission par impulsions GSM et DECT
 Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à moyenne intensité

	Fréquence	PMM8053	HF59B	HF59B	Rapport
	MHZ	mV/m	$\mu\text{W}/\text{m}^2$	mV/m	PMM/HF59B
min	900	LOW	19,99	87	
	1800	LOW	19,68	86	
med	900	510	198,4	273	1,9
	1800	510	198,1	273	1,9
max	900	5080	19850	2736	1,9
	1800	5580	19890	2738	2,0

* LOW = < 0,25 V/m

Le champ mesuré par le HF59B est sous-estimé d'un facteur 2 par rapport au PMM. Il ne s'agit donc pas de la valeur crête (qui serait 2,8 fois plus élevée que la valeur moyenne indiquée par le PMM), et les valeurs indiquées traduisent donc une incertitude de 3 dB de sous-estimation du HF59B sur la valeur moyenne du champ électrique.

8.3.2.1 MESURES DU CHAMP ELECTROMAGNETIQUE FORTE AMPLITUDE (VBW STANDARD)

Pour des niveaux de champs électromagnétiques de forte amplitude, le commutateur de gamme du HF 59B est positionné sur - 20 dB (rapport 10 en tension).

Trois types de mesure en sélectionnant avec le commutateur *Signal* du champmètre sur *Peak* (P), *Peak hold* (Ph) puis sur *RMS*.

Tableau 55 : HF 59B - Champ électrique HF – Gammes d'intensité mesurées forte amplitude

Range	Bar on LCD	With ext. attenuator DG20, switch "Adapter" to "attenuator -20 dB" Displayed value & unit
max	top	1 - 1999 mW/m ²
med	top	0,01 - 19,99 mW/m ²
min	top	0,001 - 1,999 mW/m ²
Simply read out, no correction factor		

8.3.2.2 SELECTEURS POSITIONS SUR MAX ET SUR – 20 DB

Niveau modulé généré dans la chambre anéchoïque puis mesuré à chaque milieu de gamme par l'équipement HF pour qu'il affiche $\approx 1\ 000\ \text{mW}/\text{m}^2$ puis mesuré par substitution par le récepteur de référence avec son antenne pour 7 fréquences choisies entre 840 et 2 660 MHz.

Tableau 56 : HF 59B - Champ électrique HF - Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Emission continue CW à moyenne intensité (Max, -20 dB)

Services	Bande de Fréquences MHz	Fréquences choisies MHz	Mesure MXE P dBμV/m	Mesure MXE Ph dBμV/m	Mesure MXE RMS dBμV/m	Mesure MXE P mV/m	Mesure MXE Ph mV/m	Mesure MXE RMS mV/m	Mesure HF59B P mW/m ²	Mesure HF59B Ph mW/m ²	Mesure HF59B RMS mW/m ²	Mesure HF59B P mV/m	Mesure HF59B Ph mV/m	Mesure HF59B RMS mV/m
4G DL	832-862	840	126	126,5	126,2	2089	2113	2042	1014	1018	992	19552	19590	19339
GSM900 DL	925-960	940	125,1	125,1	124,8	1799	1799	1738	1008	1008	973	19494	19494	19153
GSM1800 DL	1710-1785	1750	124,1	124,1	123,9	1603	1603	1567	1002	1009	988	19436	19504	19300
DECT	1880-1900	1890	124,9	124,9	121,1	1758	1758	1135	1006	1007	435	19475	19484	12806
UMTS DL	1920-1980	1950	125,9	125,9	125,7	1972	1972	1928	1004	1009	986	19455	19504	19280
WiFi 2G	2400-2500	2450	129	129,1	128,9	2818	2851	2786	1001	1002	973	19426	19436	19153
4G DL	2620-2690	2660	127,5	127,5	127,3	2371	2371	2317	1000	1001	987	19416	19426	19290
Moyenne						2059	2067	1930	1005,0	1007,7	904,9	19465	19491	18470
Rapport de la moyenne HF59B/MXE en Peak, Peak hold et RMS												9	9	10

En moyenne, les mesures Peak, Peak hold et RMS du HF59B sont 9, 9 et 10 fois supérieures par rapport aux mesures affichées par le récepteur MXE de la chaîne de mesure de référence.

La tolérance donnée par le constructeur est de ± 3 dB, ce qui correspond à un rapport de $\pm \sqrt{2}$ ($\pm 1,414$). Le HF59B amplifie de 7 fois la mesure réelle lorsque l'on prend en compte la tolérance.

La mesure en Peak hold et RMS du MXE et du HF59B sont équivalentes à celle de la mesure en Peak car le niveau généré par l'amplificateur de la chambre anéchoïque est stable pour le mode CW (onde entretenue). Pour la fréquence DECT, le rapport est de 1,5 entre P et RMS pour le MXE et pour le HF59B.

Modulation GSM UL : période = 4 600 μ s – 1/8 du temps = 576 μ s ; ici, le facteur 5-6 de surestimation du champ électrique est proche du rapport attendu de 8 pour la puissance pour une modulation GSM. Il semble donc également y avoir une erreur d'interprétation pour ce réglage de l'appareil.

Tableau 57 : HF 59B - Champ électrique HF- Emission par impulsions GSM et DECT
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées à forte intensité

	Fréquence	PMM8053	HF59B	HF59B	Rapport
	MHZ	V/m	mW/m ²	V/m	HF59B/EP601
min	900	LOW	1,979	0,86	
	1800	LOW	1,971	0,86	
med	900	0,49	19,94	2,74	5,6
	1800	0,47	19,9	2,74	5,8
max	900	4,81	1974	27,30	5,7
	1800	5,19	1965	27,20	5,2

8.3.3 CONCLUSION

L'HF-Analyser HF 59B n'est pas un analyseur (niveau + fréquence) comme stipulé dans la notice mais un détecteur (niveau). Le niveau mesuré est donné mais pas la fréquence dans la bande 800 MHz à 2,7 GHz.

*Tableau 58 : HF 59B - Champ électrique HF- Emission continue CW
Comparaison Valeurs indiquées / Valeurs mesurées – Récapitulatif aux différents réglages*

Amplification	Gamme	Peak	Peak hold	RMS
+ 10 dB	Min.	HF59B 7x inf.	HF59B 7x inf.	HF59B 7x inf.
0 dB	Med.	HF59B 1,2x inf.	HF59B 1,2x inf.	HF59B 1,1x inf.
- 20 dB	Max.	HF59B 9x sup.	HF59B 9x sup.	HF59B 10x sup.

Les valeurs sont correctes dans les tolérances du constructeur lorsque la position du commutateur de la gamme de mesures est sur 0 dB. Pour les 2 autres positions, les valeurs mesurées sont soit 7 fois inférieures ou 9 et 10 fois supérieures à la mesure de référence.

La nécessité de devoir utiliser la notice pour convertir des $\mu\text{W}/\text{m}^2$ en mV/m est peu aisée (tableau en dernière page). L'appareil, de la même famille que le HF32D, ne convertit pas la densité surfacique de puissance en champ électrique.



INERIS

*maîtriser le risque
pour un développement durable*

Institut national de l'environnement industriel et des risques

Parc Technologique Alata
BP 2 - 60550 Verneuil-en-Halatte

Tél. : +33 (0)3 44 55 66 77 - Fax : +33 (0)3 44 55 66 99

E-mail : ineris@ineris.fr - **Internet** : <http://www.ineris.fr>