

RAPPORT D'ÉTUDE  
Convention n° 04-240-1011

**Harmonisation des mesures en compatibilité  
électromagnétique**

Février 2006

**INERIS**

maîtriser le risque |  
pour un développement durable |

# Harmonisation des mesures en compatibilité électromagnétique

## Essais d'inter comparaison des mesures en champ rayonné

### Rapport final

Convention n° 04-240-1011

Client (ministère, industriel, collectivités locales) :

Sous-direction de la Normalisation, de la Qualité et de la Propriété Industrielle  
(SQUALPI)

Liste des personnes ayant organisé les essais et traité les données :

Dominique CHARPENTIER      INERIS

Patrice CAGNON                INERIS

## PREAMBULE

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 équivalents 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.

	<b>Rédaction</b>	<b>Vérification</b>	<b>Approbation</b>
<b>NOM</b>	Patrice CAGNON	Dominique CHARPENTIER	Bernard PIQUETTE
<b>Qualité</b>	Technicien en CEM Direction de la Certification	Responsable d'Unité Direction de la Certification	Directeur Adjoint Direction de la Certification
<b>Visa</b>			

# TABLE DES MATIÈRES

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>5</b>
1.1 contexte.....	5
1.2 objectif.....	5
1.3 methode statistique de traitement de donnees.....	6
<b>2. RESULTATS BRUTS AVANT TRAITEMENT STATISTIQUE SELON ISO 5725 .....</b>	<b>9</b>
2.1 Choix du matériel de référence .....	9
2.1.1 Caractéristiques principales de la source de référence .....	9
2.1.2 Caractérisation par l'INERIS.....	10
2.2 Modes opératoires .....	10
2.3 Conditions d'installation et de mesure.....	12
2.4 Polarisation horizontale.....	13
2.4.1 mesures relevées en champ libre .....	13
2.4.2 mesures relevées en chambre anechoique .....	14
2.5 Polarisation verticale .....	14
2.5.1 mesures relevées en champ libre .....	14
2.5.2 mesures relevées en chambre anéchoique .....	15
<b>3. TESTS STATISTIQUES POUR SUPPRIMER DES VALEURS ABERRANTES EN CHAMP LIBRE .....</b>	<b>15</b>
3.1 polarisation horizontale en champ libre.....	15
3.1.1. tests statistiques préliminaires .....	16
3.1.2 élimination des valeurs aberrantes .....	16
3.1.3 résultat.....	17
3.2 polarisation verticale en champ libre .....	19
3.2.1 tests statistiques préliminaires .....	19
3.2.2 élimination des valeurs aberrantes .....	20
3.2.3 résultat.....	20
<b>4. TESTS STATISTIQUES POUR SUPPRIMER DES VALEURS ABERRANTES EN CHAMBRE ANÉCHOIQUE .....</b>	<b>22</b>
4.1 polarisation horizontale en chambre anéchoique .....	22
4.1.1 tests statistiques préliminaires.....	23

4.1.2 élimination des valeurs aberrantes .....	23
4.1.3 résultat.....	24
4.2 polarisation verticale en chambre anechoïque .....	26
4.2.1 tests statistiques préliminaires.....	26
4.2.2 élimination des valeurs aberrantes .....	27
4.2.3 résultat.....	28
<b>5. RESULTAT PAR LABORATOIRE .....</b>	<b>30</b>
5.1 laboratoire n°1 .....	30
5.2 laboratoire n°2.....	31
5.3 laboratoire n°3.....	32
5.4 laboratoire n°4.....	33
5.5 laboratoire n°5.....	34
5.6 laboratoire n°6.....	35
5.7 laboratoire n°7 .....	36
5.8 laboratoire n°8.....	37
5.9 laboratoire n°9.....	38
5.10 laboratoire n°10.....	39
5.11 laboratoire n°11 .....	40
5.12 laboratoire n°12.....	41
5.13 laboratoire n°14.....	42
5.14 laboratoire n°15.....	43
5.15 laboratoire n°16.....	44
5.16 Laboratoire n°17.....	45
5.17 laboratoire n°18.....	46
5.18 laboratoire n°19.....	47
<b>6. CONCLUSION.....</b>	<b>49</b>
Annexe 1 : caractéristiques du générateur de fréquence	
Annexe 2 : mode opératoire chambre semi-anechoïque	
Annexe 3 : mode opératoire site libre	

# **1. INTRODUCTION**

## **1.1 CONTEXTE**

La directive compatibilité électromagnétique (89/336/CE) impose à un équipement électrique de fonctionner dans son environnement électromagnétique de façon satisfaisante et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques dans son environnement.

La nouvelle directive CEM (2004/108/CE du 15 décembre 2004) abroge la directive CEM 89/336/CE d'application obligatoire depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1996. Cette nouvelle directive laisse plus de liberté aux industriels dans le champ d'application.

Bien que de nombreuses normes d'essais définissent les modes opératoires pour tester les équipements, il subsiste des incertitudes sur les résultats, ce qui entraîne une méfiance des industriels vis-à-vis de certains résultats. Les industriels ont donc recours aux laboratoires accrédités par le COFRAC qui attestent de la qualité des mesures.

L'INERIS a organisé une campagne d'essais d'inter comparaison afin de déterminer la reproductibilité et la répétabilité des essais avec les laboratoires français désignés compétents suivants :

AEMC – ALSTOM – CEM Picardie – CETIM – EMITECH – GERAC – GYL Technologies – LCIE – LNE – SMEE – THURMELEC – UTAC.

Ces essais ont été subventionnés dans le cadre de la convention SQUALPI n° 04-240-1011. Les résultats de cette étude sont présentés dans ce rapport.

Les essais concernent les mesures de champ rayonné par un générateur de référence dans deux configurations :

- en cage de faraday
- sur site libre.

## **1.2 OBJECTIF**

L'objectif de cette étude est de déterminer les incertitudes de mesures pour les essais en champ rayonné par des mesures d'inter comparaison de l'ensemble des laboratoires désignés compétents au sens de la directive.

La détermination des incertitudes sera réalisée en mesurant l'émission d'un appareil dit de référence dans chaque laboratoire participant à la campagne d'inter comparaison et en effectuant l'analyse statistique par la méthode de l'analyse de variance conformément à la norme ISO 5725. Il a été nécessaire de définir au préalable l'appareil de référence ainsi que le mode opératoire pour réaliser des essais dans des conditions adaptées à l'inter comparaison, afin que les résultats soient comparables.

### 1.3 METHODE STATISTIQUE DE TRAITEMENT DE DONNEES

Avant d'estimer les valeurs vraies de reproductibilité et de répétabilité, les données des laboratoires doivent être étudiées afin de repérer la présence de données « aberrantes ». Ces données peuvent fausser l'estimation des écart-types de reproductibilité car elles sont incompatibles avec l'ensemble des valeurs enregistrées.

L'identification des valeurs non conformes est réalisée à l'aide de quatre tests statistiques définis dans la norme ISO 5725-2 qui sont :

Tests	Objet
Statistique de Mandel k	Evaluation de la fidélité
Test de Cochran	Evaluation de l'homogénéité des variances
Statistique de Mandel h	Evaluation de la justesse
Test de Grubs	Evaluation de l'homogénéité des moyennes

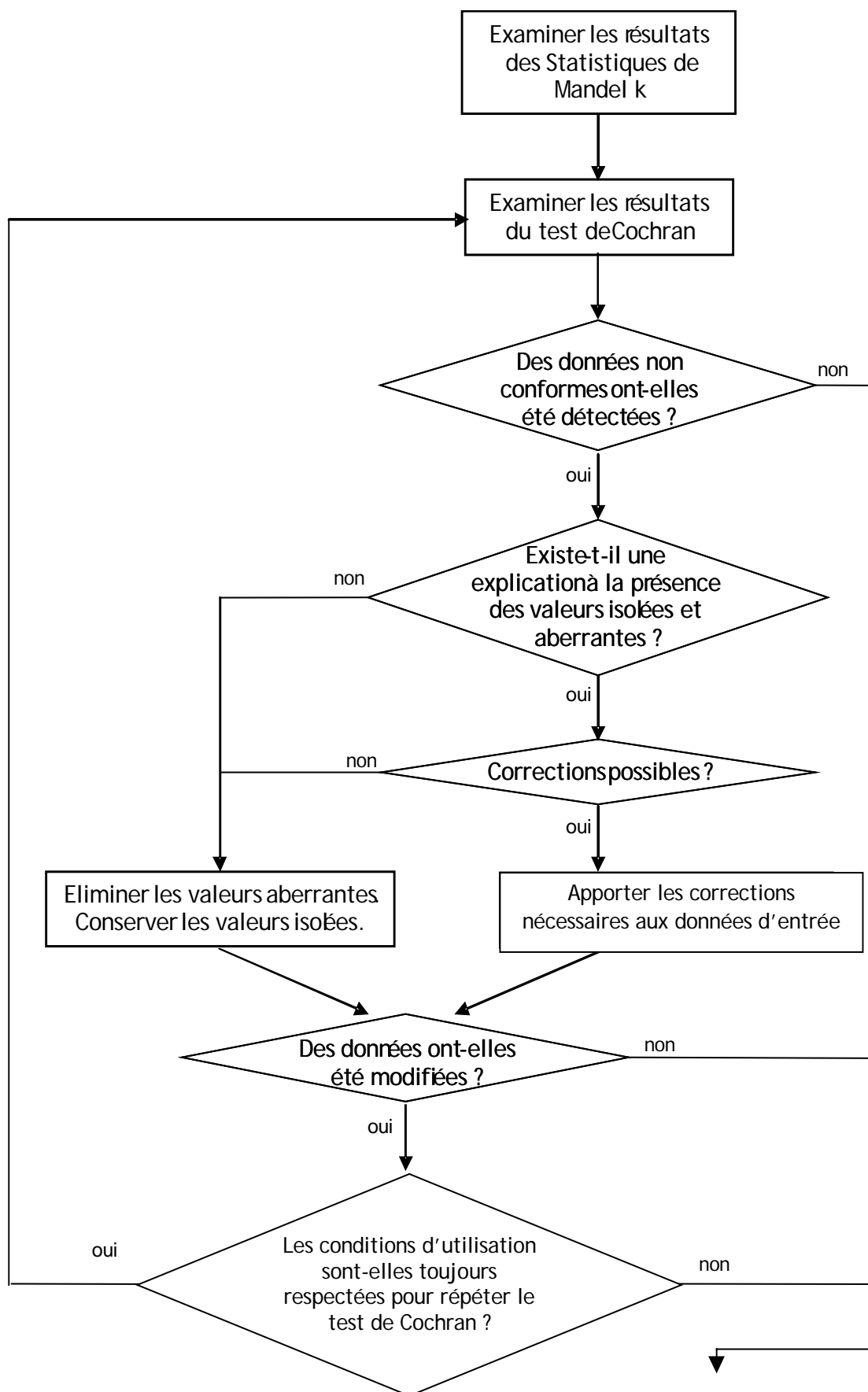
Pour les tests de Mandel h, Mandel k, Cochran, simple de Grubbs, une valeur est considérée comme :

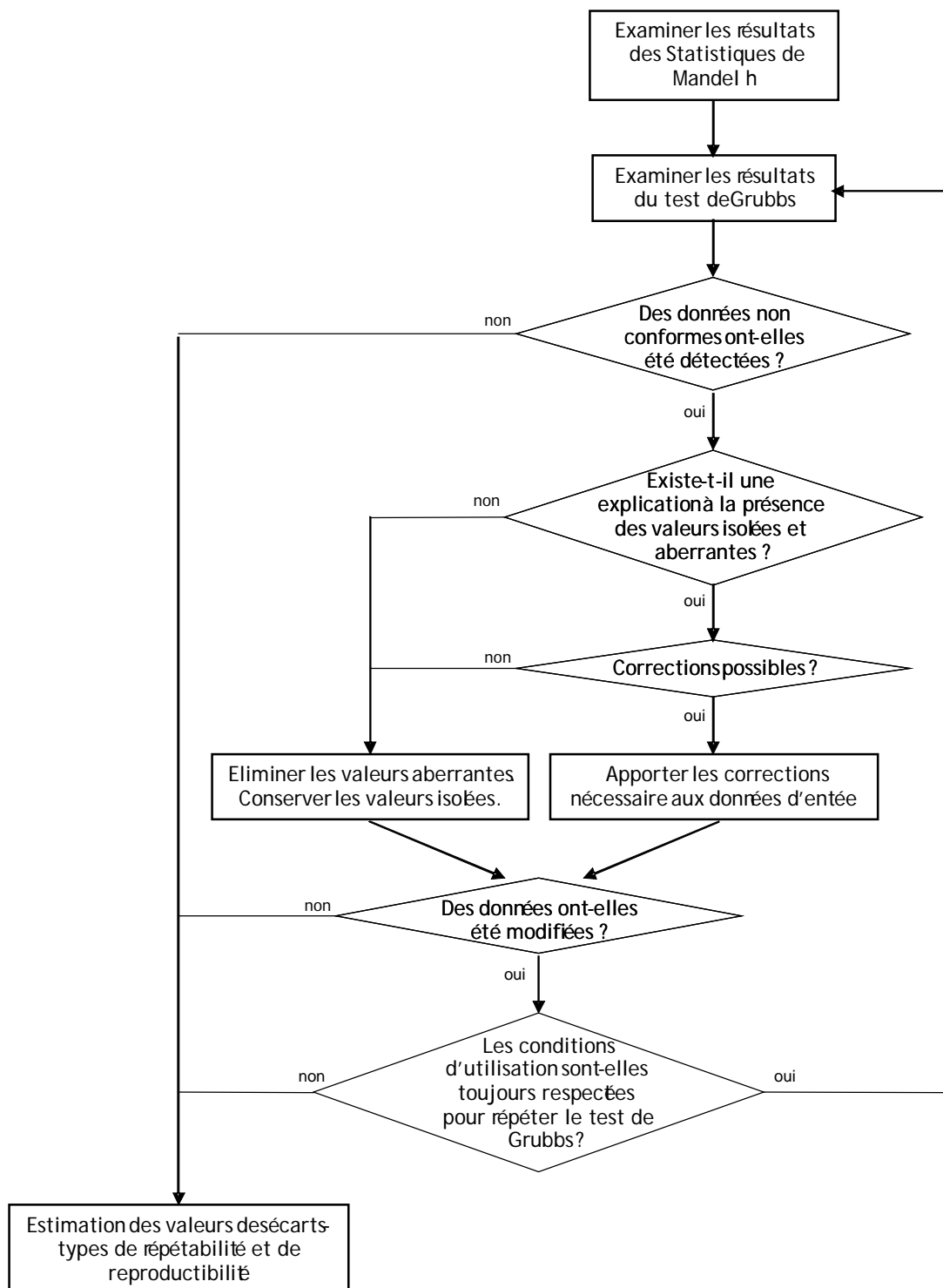
- Valeur aberrante si la statistique du test est supérieure à la valeur critique 1 %
- Valeur isolée si la statistique du test est comprise entre la valeur critique 5 % et 1 %.

Pour les tests de Mandel h (résultats négatifs) et double de Grubbs, une valeur est considérée comme :

- Valeur aberrante si la statistique du test est inférieure à la valeur critique 1 %
- Valeur isolée si la statistique du test est comprise entre la valeur critique 5 % et 1 %.

Le processus de détermination des valeurs « vraies » en supprimant les valeurs « aberrantes » est décrit dans les figures suivantes :





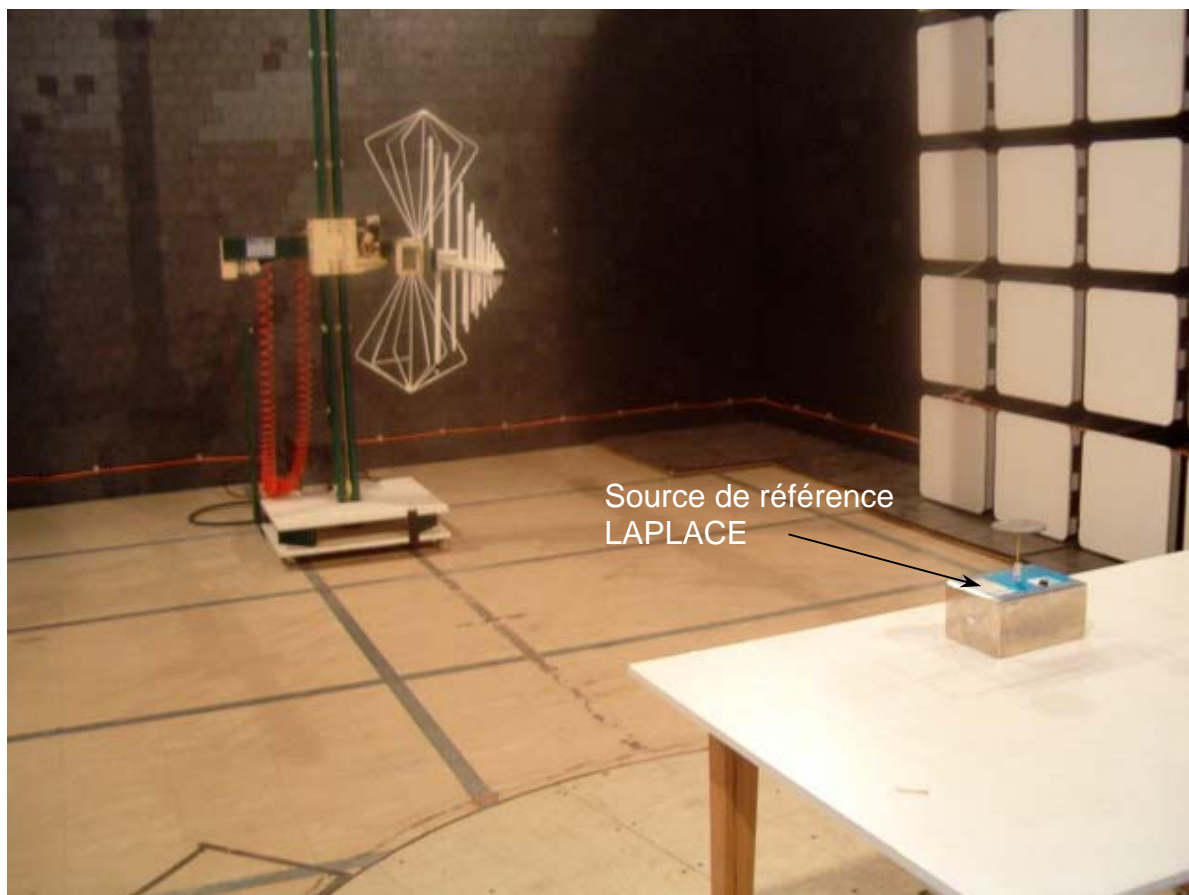
*Logigramme du traitement statistique*

## **2. RESULTATS BRUTS AVANT TRAITEMENT STATISTIQUE SELON ISO 5725**

Ces résultats bruts ont été mesurés lors de la campagne d'inter-comparaison de septembre 2004, essais réalisés par les techniciens des laboratoires participants et encadrés par un technicien de l'INERIS garantissant le respect du mode opératoire relatif aux mesures.

### **2.1 CHOIX DU MATÉRIEL DE RÉFÉRENCE**

L'appareil choisi est un générateur de raies (source de référence LAPLACE) autonome et de faible encombrement.



*Validation en chambre semi-anéchoïque (CEM Picardie) de la source de référence*

#### **2.1.1 CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DE LA SOURCE DE RÉFÉRENCE**

Constructeur : LAPLACE INSTRUMENTS LTD  
3B, Middlebrook Way,  
Holt Road, Cromer,  
Norfolk, NR27 9JR, UK

Modèle : Emission Référence Source

- Bande de fréquence d'utilisation : de 30 MHz à 1 GHz.
- Type d'antenne : circulaire, détachable avec un compartiment de rangement.
- Polarisation : verticale et horizontale.
- Alimentation : batterie rechargeable.

- Temps de décharge de la batterie : > 8 heures.
- Contrôle du niveau de puissance : coupure automatique de l'alimentation si la batterie est sous le seuil de fonctionnement.
- Ecart entre les raies : 2 MHz.
- Stabilité en fréquence : 80 ppm.
- Stabilité en amplitude : 0,1 dB par mois.
- Stabilité en température : 0,05 dB par mois.

### **2.1.2 CARACTÉRISATION PAR L'INERIS**

Des essais préliminaires (annexe 1) en chambre semi-anéchoïque ont permis d'évaluer la source de référence avant le lancement de la campagne de mesures :

- Validation de la valeur des fréquences retenues dans la bande 30 MHz à 1 GHz.
- Stabilité dans le temps après la mise en service.
- Répétabilité sur 5 essais.
- Les fréquences retenues (en MHz) pour la campagne d'intercomparaisons sont choisies afin de couvrir le plus large spectre des mesures en CEM et en fonction de la stabilité du générateur, ces fréquences sont :

38 – 50 – 120 – 150 – 182 – 198 – 250 – 320 – 324 – 336 – 354 – 400 – 450 – 550 – 650 - 704 – 742 – 754 – 762 – 786 MHz.

## **2.2 MODES OPERATOIRES**

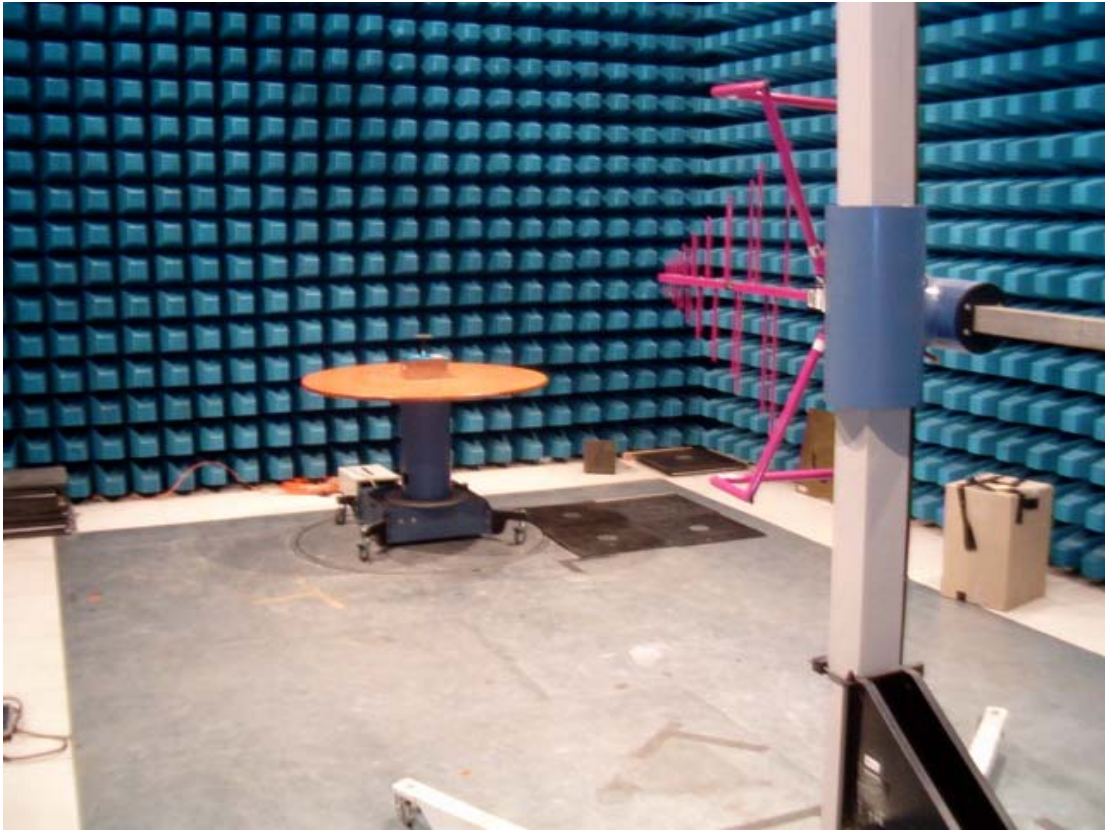
Le protocole pour la réalisation des essais d'inter comparaison consiste en deux modes opératoires :

- Mode opératoire pour les mesures en chambre semi-anéchoïque (annexe 2).
- Mode opératoire pour les mesures sur site libre (annexe 3).

Ces modes opératoires ont été rédigés par l'INERIS, approuvés par les laboratoires participants, ils complètent les modes opératoires de chaque laboratoire afin d'avoir des données comparables entre elles.

Les résultats bruts des mesures en chambre semi-anéchoïque et sur site libre comprennent les mesures suivantes :

- Répétabilité et reproductibilité en chambre semi-anéchoïque
- Répétabilité et reproductibilité sur site libre à 10 m
- Reproductibilité sur site libre à 3 m.



*Exemple de chambre semi-anéchoïque (UTAC)*



*Exemple de site libre (EMITECH)*

## 2.3 CONDITIONS D'INSTALLATION ET DE MESURE

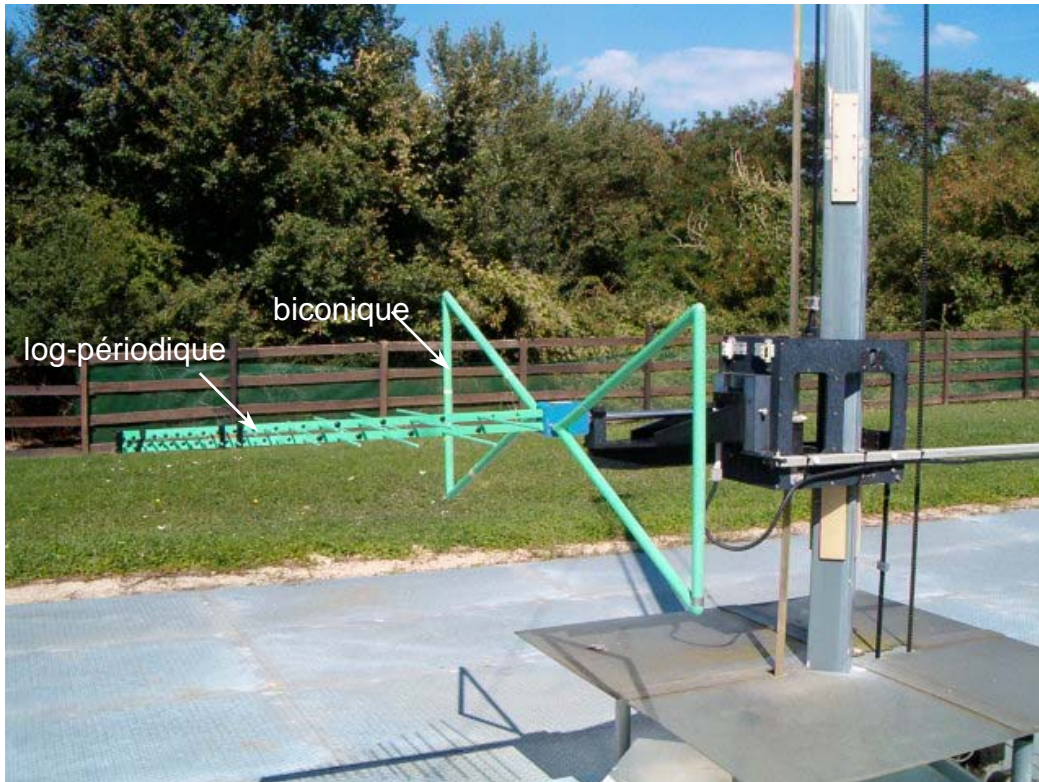
La source de référence est placée à 0,80 m au-dessus du plan de sol sur une table non-conductrice.

La mesure est faite en mode quasi-crête pendant 1 seconde.

Suivant les laboratoires, la mesure de la distance de l'antenne de réception à la source de référence est prise soit par rapport au centre de l'antenne, au centre de phase ou à l'extrémité de l'antenne.

Le centre de phase correspond à un repère défini par le constructeur tandis que le milieu correspond au centre géométrique du transducteur.

Laboratoires	Antennes		
	<i>Biconique</i>	<i>Log-périodique</i>	<i>Log-biconique</i>
<b>AEMC Chassieu</b>			Extrémité
<b>AEMC Grenoble</b>			Centre de phase
<b>AEMC Orgeval</b>			Centre de phase
<b>ALSTOM</b>			Milieu
<b>CEM Picardie</b>			Extrémité
<b>CETIM</b>			Milieu
<b>EMITECH Atlantique</b>	Centre	Extrémité	
<b>EMITECH Grand Sud</b>	Centre	Centre de phase	
<b>EMITECH Ile de France</b>	Centre	Extrémité	
<b>GERAC</b>			Milieu
<b>GYL Technologies</b>			Centre de phase
<b>LCIE Fontenay</b>	Centre	Extrémité	
<b>LCIE Ecuelles</b>			Centre de phase
<b>LNE</b>			Centre de phase
<b>SMEE</b>	Centre	Centre de phase	
<b>THURMELEC</b>			Centre de phase
<b>UTAC</b>			Milieu



Antenne log-biconique (association d'une antenne biconique avec une antenne log-périodique)

## 2.4 POLARISATION HORIZONTALE

Les laboratoires sont numérotés de 1 à 19 dans ce rapport afin de garder la confidentialité des résultats.

### 2.4.1 MESURES RELEVÉES EN CHAMP LIBRE

Fréquence	Laboratoires/Les niveaux sont en dB/μV/m												
MHz	5	6	7	8	9	10	14	17	18	19	Moyenne	Ecart type	
38	21.2	23.28	23.8	21.7	22.67	23.7	20.76	23.64	20.36	29.98	23.11	2.73	
50	25.9	27.04	27.3	26.4	26.39	27.36	27.26	25.56	25.87	29.64	26.87	1.11	
120	40.7	46.16	43.35	43.38	44.39	38.8	41.66	41.74	38.6	43.54	42.23	2.41	
150	44.56	49.06	46.46	46.68	51.30	43.44	47.44	44.94	45.42	47.82	46.71	2.20	
182	50.16	53.32	50.94	51.22	54.28	50.4	49.94	49.98	51.91	52.04	51.42	1.47	
198	51.56	55.46	53.25	53.9	55.99	51.96	53	52.08	55.51	52.52	53.52	1.54	
250	60.66	61.76	59.62	61.8	63.72	54.46	58.8	58.32	62.48	58.44	60.01	2.67	
320	61.44	65.24	61.44	55.42	59.62	60.38	60.4	60.34	64.44	62.58	61.13	2.58	
324	61.7	65.54	61.72	55.08	61.87	60.5	61.54	60.66	63.58	63.42	61.56	2.74	
336	62.12	65.16	61.62	54.4	64.03	60.4	62.16	60.42	62.46	62.08	61.49	2.73	
354	62.82	65.02	61.24	56	62.11	61.12	62.92	61.06	64.34	64	62.06	2.55	
400	61.08	64.82	59.84	58.44	60.80	60.6	61.26	60.5	63.68	63.36	61.44	1.84	
450	59.34	63.52	58.94	58.94	57.52	59.42	58.94	59.1	59.62	61.68	59.70	1.69	
550		61.4	56.93	59.56	59.19	63.04	58.28	57.72	61.25	60.38	59.75	1.85	
650		59.5	53.48	54.86	52.55	58.7	49.72	51.74	56.44	56.26	54.81	3.24	
704	49.38	53.14	49.65	51	47.10	52.36	47.7	49.76	50.75	53.24	50.41	2.00	
742	45.4	48.9	45.86	45.36	43.53	52.16	46.28	39.3	47.49	50.02	46.43	3.57	
754	45.04	47.72	44.22	43.46	44.28	51.54	43.56	45.98	46.29	48.9	46.10	2.48	
762	44.04	46.88	43.38	43.04	42.87	51.2	43.88	36.78	46.75	48.72	44.75	3.93	
786	40.52	45.66	39.52	40.52	39.75	47.66	41	36.76	42.44	46.84	42.07	3.36	

## 2.4.2 MESURES RELEVÉES EN CHAMBRE ANECHOIQUE

Fréquence MHz	Laboratoires/Les niveaux sont en dB/μV/m									
	1	2	3	4	11	12	15	16	Moyenne	Ecart type
38	61.13	63.93	50.54	34.28	45.16	33.28	38.00	33.68	45.00	12.42
50	60.56	63.98	53.07	39.04	52.72	43.92	39.76	39.03	49.01	9.99
120	59.51	50.71	62.74	59.38	70.24	57.74	61.08	59.98	60.17	5.41
150	63.93	63.15	65.16	63.92	70.98	60.20	63.68	64.12	64.39	3.03
182	66.64	65.63	68.33	66.74	73.56	58.50	67.42	66.57	66.67	4.12
198	66.68	66.90	70.29	68.26	75.08	60.70	69.34	66.78	68.00	4.05
250	70.47	70.24	73.19	72.90	81.27	63.40	74.31	74.63	72.55	5.03
320	68.12	66.70	73.59	72.16	78.96	66.10	69.61	72.10	70.92	4.23
324	68.23	66.98	73.92	72.14	78.70	66.30	69.14	72.19	70.95	4.14
336	67.17	64.47	73.51	69.94	77.43	66.70	67.28	70.71	69.65	4.21
354	64.87	59.22	74.97	68.96	76.00	66.30	65.76	67.14	67.90	5.46
400	62.99	62.02	74.00	61.64	62.69	55.36	50.64	54.68	60.50	7.12
450	61.15	65.20	68.45	55.10	63.19	64.32	64.17	63.04	63.08	3.84
550	68.24		63.24	65.72	72.09	66.74	66.29		67.05	2.96
650	64.47		62.08	63.40	68.33	50.82	59.06		61.36	5.99
704	52.46	57.98	58.20	57.78	63.25	32.58	47.33	51.16	52.59	9.50
742	42.62	50.65	53.73	50.68	57.98	45.50	48.35	45.55	49.38	4.97
754	46.38	52.35	49.61	47.58	56.08	45.06	48.40	44.33	48.72	3.92
762	51.01	53.20	48.77	45.24	55.12	44.04	48.48	44.18	48.76	4.16
786	54.30	55.11	51.77	40.50	50.53	44.72	48.47	44.07	48.69	5.21

## 2.5 POLARISATION VERTICALE

### 2.5.1 MESURES RELEVÉES EN CHAMP LIBRE

Fréquence MHz	Laboratoires/Les mesures sur sites sont en dBμV/m											
	5	6	7	8	9	10	14	17	18	19	Moyenne	Ecart type
38	41.94	43.76	41.78	40.98	44.34	40.68	39.9	40.56	42.28	40.32	41.65	1.47
50	44.74	46.9	45.86	43.02	38.66	42.64	45.38	43.34	44.23	42.62	43.74	2.29
120	51.16	53.22	52.51	49.66	52.79	48.28	53.22	50.84	54.11	53.52	51.93	1.88
150	53.04	55.6	56.26	53.28	53.29	51.28	57.96	54.12	53.70	56.06	54.46	1.97
182	57.3	62.66	57.10	49.58	55.93	56.24	55.9	56.04	58.61	59.14	56.85	3.30
198	59.08	62.76	58.15	48.44	60.34	56.22	56.7	56.98	60.66	59.36	57.87	3.88
250	61.26	68.06	62.42	56.42	61.99	56.4	61.8	59.43	64.24	61.36	61.34	3.46
320	62.04	63.06	61.04	62.36	62.42	59.26	62.12	60.68	60.78	57.20	61.10	1.76
324	62.08	63.36	60.46	62.46	63.06	59.2	60.36	61.14	60.48	58.04	61.06	1.70
336	61.76	61.86	60.08	62.54	63.34	57.46	59.86	60.08	60.57	58.80	60.63	1.78
354	60.88	57.66	58.32	63.00	60.71	57.38	59.86	58.92	59.27	59.08	59.51	1.69
400	56.14	61.36	53.82	61.08	50.74	52.56	56.74	55.12	57.54	56.90	56.20	3.38
450	52.86	58.5	49.76	58.94	55.77	48.46	40.14	50.58	54.55	54.18	52.37	5.53
550		44.28	40.61	45.48	33.80	39.7	46	39.96	34.56	40.76	40.57	4.34
650		46.86	42.14	54.74	44.19	52.96	47.52	43.36	43.38	50.04	47.24	4.50
704	44.76	43.44	39.83	52.30	31.22	50.44	48.14	44.28	39.81	50.54	44.48	6.39
742	41	43.62	44.48	45.84	40.84	48.94	46.36	41.78	42.50	49.06	44.44	3.05
754	41.24	43.14	42.44	44.46	39.87	48.98	44.98	41.64	40.57	47.44	43.48	2.99
762	37.6	43.02	40.76	44.20	40.82	49.16	45.62	41	40.07	46.80	42.90	3.53
786	40.14	42.1	40.36	42.24	38.47	48.04	42.68	40.2	34.49	46.56	41.53	3.86

## 2.5.2 MESURES RELEVÉES EN CHAMBRE ANÉCHOIQUE

Fréquence MHz	Mesures sur sites en dB $\mu$ V/m									
	1	2	3	4	11	12	15	16	Moyenne	Ecart type
38	58.24	62.74	52.38	50.95	52.45	51.54	63.15	58.14	56.20	4.7
50	56.03	66.65	53.37	52.08	59.39	53.52	49.87	53.69	55.58	4.9
120	42.13	58.52	61.69	57.62	65.36	56.94	58.29	56.27	57.10	6.3
150	60.64	64.74	64.20	61.32	67.32	60.10	57.80	57.82	61.74	3.2
182	59.02	60.08	65.41	58.18	68.16	54.72	61.71	57.71	60.63	4.1
198	59.19	57.82	68.40	57.50	62.36	60.66	64.81	51.59	60.29	4.8
250	60.67	55.67	75.11	64.32	71.89	63.40	70.25	68.09	66.17	6.0
320	69.63	68.77	71.98	70.72	77.87	66.10	72.42	70.34	70.98	3.2
324	69.58	67.85	72.33	70.98	78.53	66.30	73.57	70.82	71.25	3.5
336	68.16	65.57	71.77	70.48	78.44	66.80	73.36	70.44	70.63	3.8
354	69.33	69.09	73.06	71.70	76.94	67.40	73.12	72.63	71.66	2.8
400	69.08	68.28	73.89	71.92	79.05	68.80	70.90	69.72	71.46	3.4
450	66.80	61.86	69.23	71.02	78.05	65.74	69.93	67.21	68.73	4.4
550	59.28		69.99	59.42	68.28	61.00	55.11		62.18	5.3
650	51.82		61.35	58.18	63.13	61.50	62.27		59.71	3.8
704	59.89	65.82	57.70	59.16	62.95	57.94	57.39	56.28	59.64	3.0
742	59.03	62.33	53.51	56.40	63.50	53.22	54.03	52.60	56.83	4.0
754	56.26	60.38	53.27	54.44	62.45	51.90	51.38	52.89	55.37	3.8
762	55.39	59.67	52.75	53.34	61.47	50.02	50.36	52.26	54.41	3.9
786	47.81	59.72	51.61	51.66	58.26	47.04	46.41	50.12	51.58	4.7

## 3. TESTS STATISTIQUES POUR SUPPRIMER DES VALEURS ABERRANTES EN CHAMP LIBRE

### 3.1 POLARISATION HORIZONTALE EN CHAMP LIBRE

*Première étape :*

Nous avons appliqué les tests statistiques de la norme ISO 5725 selon le logigramme décrit au §1.3 et avons ainsi déterminé les valeurs aberrantes et les valeurs isolées.

*Seconde étape :*

L'incertitude de mesure est de  $\pm 4$  dB pour l'Atténuation Normalisée de l'Emplacement (ANE) d'un site selon la recommandation de la CISPR16.

Parmi les valeurs aberrantes identifiées à la suite des tests statistiques, nous supprimerons celles dont la valeur est en dehors de la fourchette de  $\pm 4$  dB par rapport à la valeur moyenne des mesures, pour chaque fréquence.

Par exemple, à 250 MHz, seul le laboratoire 10 est supprimé parmi les valeurs 6-10-14 aberrantes ou isolées correspondant à des données identifiées.

*Dernière étape :*

Après suppression des valeurs aberrantes, la moyenne calculée sur les valeurs restantes nous donne la valeur vraie à chaque fréquence.

### 3.1.1 TESTS STATISTIQUES PRÉLIMINAIRES

Fréquence MHz	Ecart type des moyennes	Mandel h labo. N°	Mandel k labo. N°	Cochran labo. N°	Grubbs labo. N°	Suppression 4 dB/moyenne
38	2.73	19	19	19	19	19
50	1.17	19	6 et 7	6	19	
120	2.41		6 et 19	6		
150	2.31	9	6 et 17	6		9
182	1.47	9	6 et 8	8		
198	1.62		6	6		
250	2.67	10	6 et 14	6		10
320	2.72	8	8	8		8
324	2.74	8	8	8	8	8
336	2.86	8	6 et 8	6	8	8
354	2.55	8	8	8	8	8
400	1.94		8 et 14	8		
450	1.69	6	6	6	19	
550	1.96		14	14		
650	3.26		7			6 10 14
704	2.14					
742	3.58	17	17	17		10 17
754	2.52	10	8 et 14	14		10
762	3.94	17	8	8		10 17
786	4.54	7	5 8 14			10 17

Valeur aberrante

Valeur isolée

### 3.1.2 ELIMINATION DES VALEURS ABERRANTES

Fréquence MHz	Niveau en dB/μV/m										Moyenne	Ecart type
	5	6	7	8	9	10	14	17	18	19		
38	21.2	23.28	23.8	21.7	22.67	23.7	20.76	23.64	20.36		22.35	1.36
50	25.9	27.04	27.3	26.4	26.39	27.36	27.26	25.56	25.87	29.64	26.87	1.17
120	40.7	46.16	43.35	43.38	44.39	38.8	41.66	41.74	38.6	43.54	42.23	2.41
150	44.56	49.06	46.46	46.68		43.44	47.44	44.94	45.42	47.82	46.20	1.77
182	50.16	53.32	50.94	51.22	54.28	50.4	49.94	49.98	51.91	52.04	51.42	1.47
198	51.56	55.46	53.25	53.9	55.99	51.96	53	52.08	55.51	52.52	53.52	1.62
250	60.66	61.76	59.62	61.8	63.72		58.8	58.32	62.48	58.44	60.62	1.94
320	61.44	65.24	61.44		59.62	60.38	60.4	60.34	64.44	62.58	61.76	1.95
324	61.7	65.54	61.72		61.87	60.5	61.54	60.66	63.58	63.42	62.28	1.61
336	62.12	65.16	61.62		64.03	60.4	62.16	60.42	62.46	62.08	62.27	1.54
354	62.82	65.02	61.24		62.11	61.12	62.92	61.06	64.34	64	62.74	1.48
400	61.08	64.82	59.84	58.44	60.80	60.6	61.26	60.5	63.68	63.36	61.44	1.94
450	59.34	63.52	58.94	58.94	57.52	59.42	58.94	59.1	59.62	61.68	59.70	1.69
550		61.4	56.93	59.56	59.19	63.04	58.28	57.72	61.25	60.38	59.75	1.96
650			53.48	54.86	52.55			51.74	56.44	56.26	54.22	1.95
704	49.38	53.14	49.65	51	47.10	52.36	47.7	49.76	50.75	53.24	50.41	2.11
742	45.4	48.9	45.86	45.36	43.53		46.28		47.49	50.02	46.60	2.10
754	45.04	47.72	44.22	43.46	44.28		43.56	45.98	46.29	48.9	45.49	1.89
762	44.04	46.88	43.38	43.04	42.87		43.88		46.75	48.72	44.94	2.19
786	40.52	45.66	39.52	40.52	39.75		41		42.44	46.84	42.03	2.77

### 3.1.3 RESULTAT

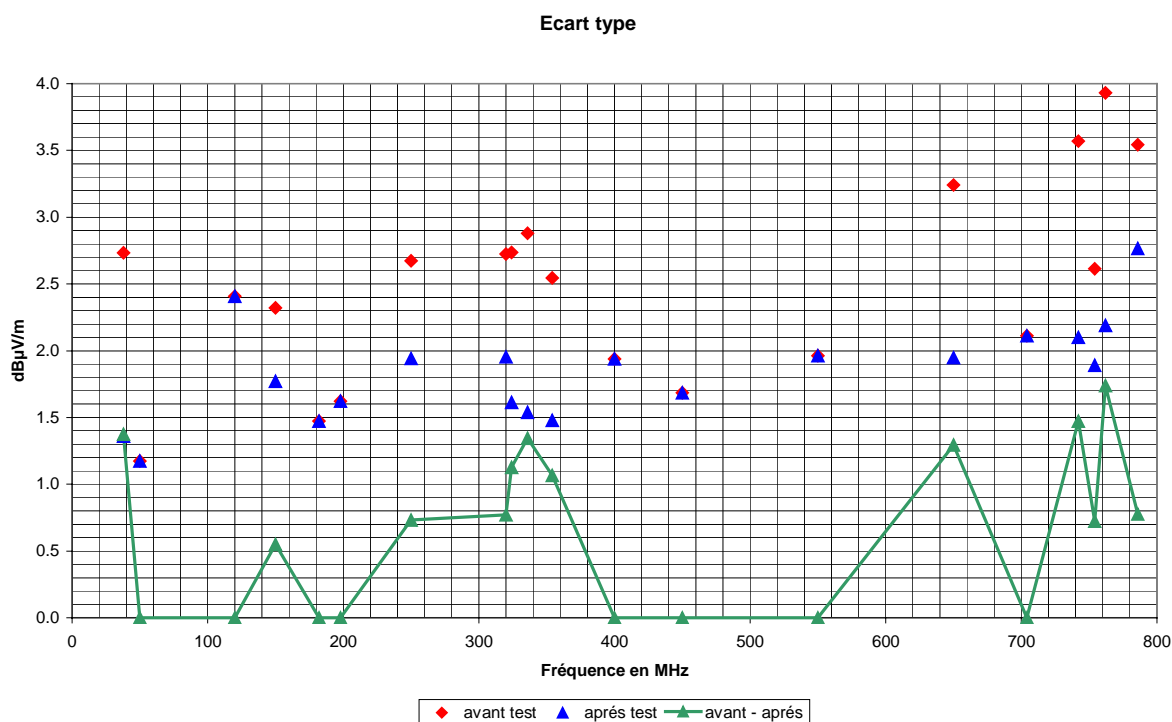
Ces différents tests ont permis d'identifier les laboratoires devant être supprimés de la population totale pour les différentes fréquences retenues afin de réduire l'écart type de la population totale.

On entend par mesure la moyenne par laboratoire des mesures de répétabilité.

Dans le tableau ci-dessous figure :

- Les laboratoires supprimés aux fréquences concernées.
- L'écart type des mesures avant le test statistique.
- L'écart type des mesures après le test statistique.

Fréquence MHz	38	150	250	320	324	336	354	650	742	754	762	786
Laboratoire n°	19	9	10	8	8	8	8	6-9-10 ou 14	10-17	10	10-17	10-17
Avant les tests	2,73	2,32	2,67	2,72	2,74	2,86	2,55	3,24	3,57	2,61	3,93	3,54
Après les tests	1,36	1,77	1,94	1,95	1,61	1,54	1,48	1,95	2,10	1,89	2,19	2,77



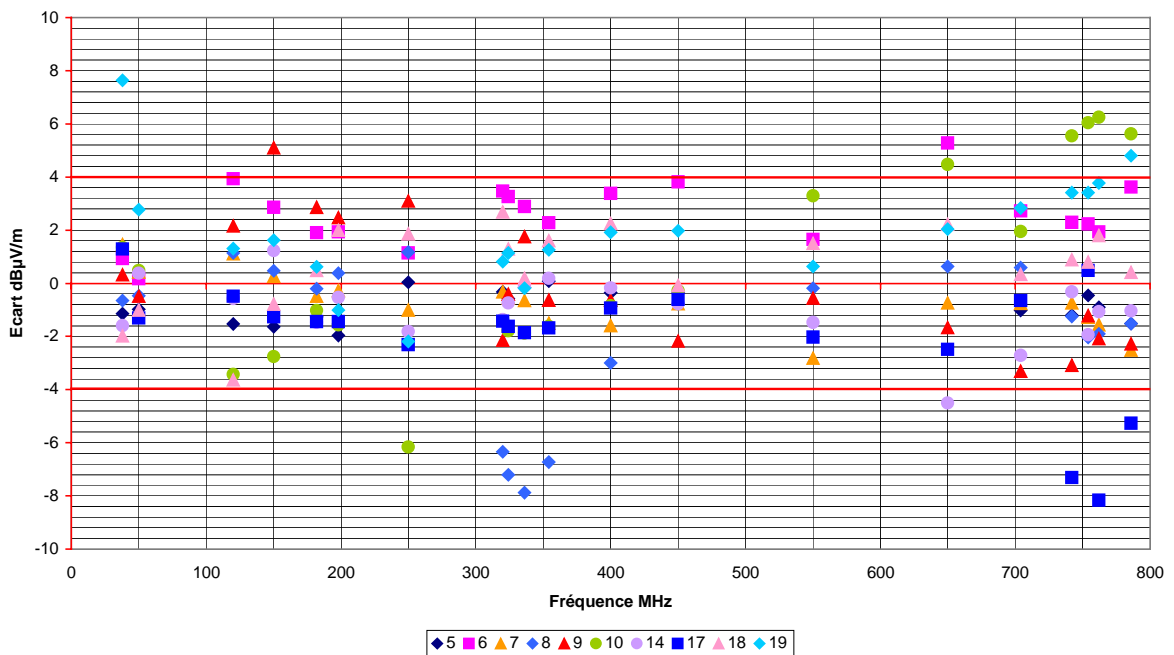
#### Positionnement des laboratoires par rapport à la valeur vraie :

Cette valeur vraie est la moyenne du niveau mesuré à chaque fréquence après l'élimination des valeurs aberrantes (§3.1.2). Pour chaque fréquence, nous pouvons tracer la courbe de chaque laboratoire en fonction de cette valeur vraie (valeur labo. – valeur vraie).

Exemple : Labo. 5 à 38 MHz       $21,20 - 22,35 = - 1,15 \text{ dB}\mu\text{V/m}$

Fréquence	Ecart par rapport à la valeur vraie									
MHz	5	6	7	8	9	10	14	17	18	19
38	-1.15	0.93	1.46	-0.65	0.32	1.36	-1.59	1.30	-1.99	7.64
50	-0.97	0.17	0.43	-0.47	-0.48	0.49	0.39	-1.31	-1.00	2.77
120	-1.53	3.93	1.12	1.15	2.15	-3.43	-0.57	-0.49	-3.63	1.31
150	-1.64	2.86	0.26	0.48	5.10	-2.76	1.24	-1.26	-0.78	1.62
182	-1.26	1.90	-0.48	-0.20	2.86	-1.02	-1.48	-1.44	0.49	0.62
198	-1.96	1.94	-0.27	0.38	2.47	-1.56	-0.52	-1.44	1.99	-1.00
250	0.04	1.14	-1.00	1.18	3.10	-6.16	-1.82	-2.30	1.86	-2.18
320	-0.32	3.48	-0.32	-6.34	-2.15	-1.38	-1.36	-1.42	2.68	0.82
324	-0.58	3.26	-0.56	-7.20	-0.42	-1.78	-0.74	-1.62	1.30	1.14
336	-0.15	2.89	-0.65	-7.87	1.76	-1.87	-0.11	-1.85	0.19	-0.19
354	0.08	2.28	-1.50	-6.74	-0.63	-1.62	0.18	-1.68	1.60	1.26
400	-0.36	3.38	-1.60	-3.00	-0.64	-0.84	-0.18	-0.94	2.24	1.92
450	-0.36	3.82	-0.76	-0.76	-2.18	-0.28	-0.76	-0.60	-0.08	1.98
550		1.65	-2.82	-0.19	-0.56	3.29	-1.47	-2.03	1.50	0.63
650		5.28	-0.74	0.64	-1.67	4.48	-4.50	-2.48	2.22	2.04
704	-1.03	2.73	-0.76	0.59	-3.31	1.95	-2.71	-0.65	0.34	2.83
742	-1.20	2.30	-0.74	-1.24	-3.08	5.56	-0.32	-7.30	0.89	3.42
754	-0.45	2.23	-1.27	-2.03	-1.21	6.05	-1.93	0.49	0.80	3.41
762	-0.90	1.94	-1.56	-1.90	-2.08	6.26	-1.06	-8.16	1.81	3.78
786	-1.51	3.63	-2.51	-1.51	-2.28	5.63	-1.03	-5.27	0.41	4.81

Positionnement des laboratoires / valeur vraie



## 3.2 POLARISATION VERTICALE EN CHAMP LIBRE

*Première étape :*

Nous avons appliqué les tests statistiques de la norme ISO 5725 selon le logigramme décrit au §1.3 et avons ainsi déterminé les valeurs aberrantes et les valeurs isolées.

*Seconde étape :*

L'incertitude de mesure est de  $\pm 4$  dB pour l'Atténuation Normalisée de l'Emplacement (ANE) d'un site selon la recommandation de la CISPR16.

Seule les valeurs aberrantes seront supprimées à la suite des tests statistiques à condition que ces valeurs soient aussi en dehors de la fourchette de  $\pm 4$  dB par rapport à la valeur moyenne des mesures relevées à chaque fréquence.

Par exemple à 50 MHz, la valeur moyenne est de 43,74 dB/ $\mu$ V/m. Sur les 10 laboratoires, seul le numéro 9 a été détecté comme valeur aberrante et en dehors de la fourchette de  $\pm 4$  dB.

*Dernière étape :*

Après suppression des valeurs aberrantes, la moyenne calculée sur les valeurs restantes nous donne la valeur vraie à chaque fréquence.

### 3.2.1 TESTS STATISTIQUES PRÉLIMINAIRES

Fréquence MHz	Ecart type des moyennes	Mandel h labo. N°	Mandel k labo. N°	Cochran labo. N°	Grubbs labo. N°	Suppression 4 dB/moyenne
38	1.47	9	19	19		
50	2.28	9	8	6		9
120	1.88	10	6	6		10
150	1.97		7	6		
182	3.3	8	7 et 8	8		6 8
198	3.88	8	8	6	8	8
250	3.45	6	14	6		6 8 10
320	1.76		14	8		
324	1.7		7 et 14	8		
336	1.77		7 et 14	6		
354	1.69	8	7	8		
400	3.34		5 et 9 et 14	8		6 8
450	3.53	14	14	6		6 8 14
550	4.38		8	14		9 14 18
650	4.51		14			8 10
704	6.34	9	10 et 14			8 9 10 19
742	3.05		8	17		10 19
754	2.98	10	8	14		10
762	3.5		7	8		5 10
786	3.86	18	8 et 10 et 14			10 18 19

Valeur aberrante

Valeur isolée

### 3.2.2 ELIMINATION DES VALEURS ABERRANTES

Fréquence MHz	Mesures sur sites en dBuV/m											
	5	6	7	8	9	10	14	17	18	19	Moyenne	Ecart type
38	41.94	43.76	41.78	40.98	44.34	40.68	39.9	40.56	42.28	40.32	41.65	1.47
50	44.74	46.9	45.86	43.02		42.64	45.38	43.34	44.23	42.62	44.30	1.53
120	51.16	53.22	52.51	49.66	52.79		53.22	50.84	54.11	53.52	52.34	1.46
150	53.04	55.6	56.26	53.28	53.29	51.28	57.96	54.12	53.70	56.06	54.46	1.97
182	57.3		57.10		55.93	56.24	55.9	56.04	58.61	59.14	57.03	1.26
198	59.08	62.76	58.15		60.34	56.22	56.7	56.98	60.66	59.36	58.92	2.14
250	61.26		62.42		61.99		61.8	59.43	64.24	61.36	61.79	1.44
320	62.04	63.06	61.04	62.36	62.42	59.26	62.12	60.68	60.78	57.20	61.10	1.76
324	62.08	63.36	60.46	62.46	63.06	59.2	60.36	61.14	60.48	58.04	61.06	1.70
336	61.76	61.86	60.08	62.54	63.34	57.46	59.86	60.08	60.57	58.80	60.63	1.78
354	60.88	57.66	58.32	63.00	60.71	57.38	59.86	58.92	59.27	59.08	59.51	1.69
400	56.14		53.82		50.74	52.56	56.74	55.12	57.54	56.90	54.95	2.39
450	52.86		49.76		55.77	48.46		50.58	54.55	54.18	52.31	2.74
550		44.28	40.61	45.48		39.7		39.96		40.76	41.80	2.45
650		46.86	42.14		44.19		47.52	43.36	43.38	50.04	45.36	2.84
704	44.76	43.44	39.83				48.14	44.28	39.81		43.38	3.19
742	41	43.62	44.48	45.84	40.84		46.36	41.78	42.50		43.30	2.12
754	41.24	43.14	42.44	44.46	39.87		44.98	41.64	40.57	47.44	42.86	2.41
762		43.02	40.76	44.20	40.82		45.62	41	40.07	46.80	42.79	2.53
786	40.14	42.1	40.36	42.24	38.47		42.68	40.2			40.88	1.51

### 3.2.3 RESULTAT

Ces différents tests ont permis d'identifier les laboratoires devant être supprimés de la population totale pour les différentes fréquences retenues afin de réduire l'écart type de la population totale.

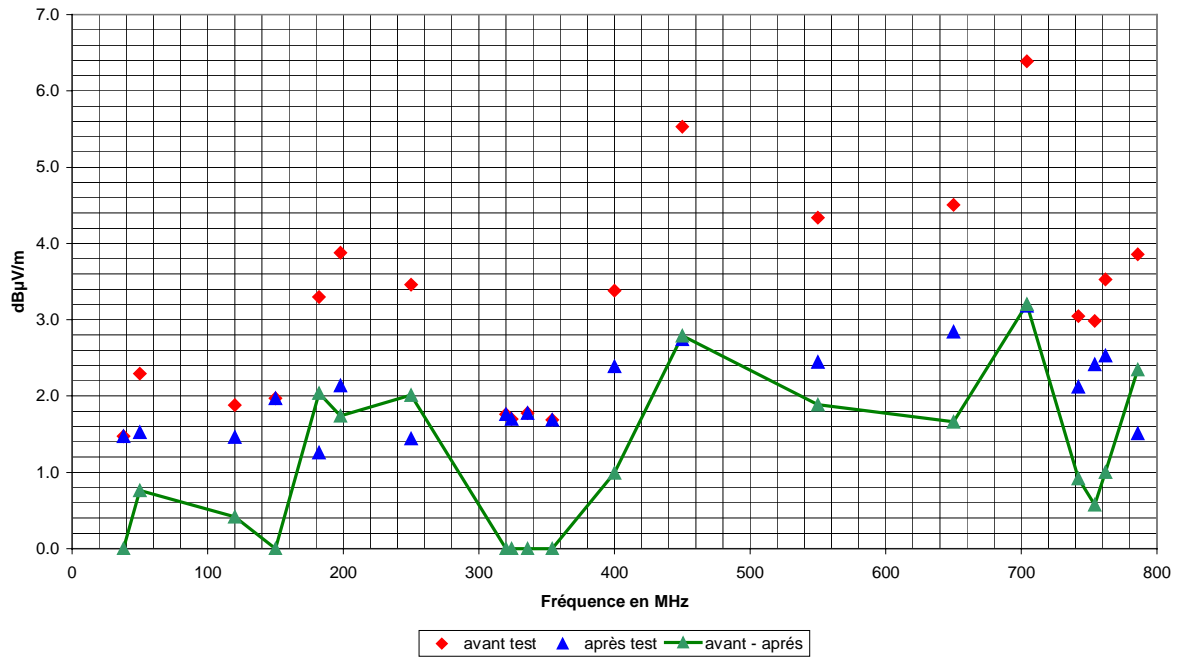
Dans le tableau ci-dessous figure :

- Les laboratoires supprimés aux fréquences concernées.
- L'écart type des mesures avant le test statistique.
- L'écart type des mesures après le test statistique.

On entend par mesure la moyenne par laboratoire des mesures de répétabilité.

Fréquence MHz	50	120	182	198	250	400	450	550	650	704	742	754	762	786
Laboratoire n°	9	14	6-8	8	6-8-10	6-8	6-8-14	9-14-18	8-10	8-9-10-19	10-19	10	5-10	10-18-19
Avant le test	2,29	1,88	3,30	3,88	3,45	3,38	3,53	4,34	4,5	6,39	3,05	2,99	3,53	3,86
Après le test	1,17	1,46	1,26	2,14	1,44	2,39	2,74	2,45	2,84	3,19	2,12	2,41	2,97	1,51

### Ecart type



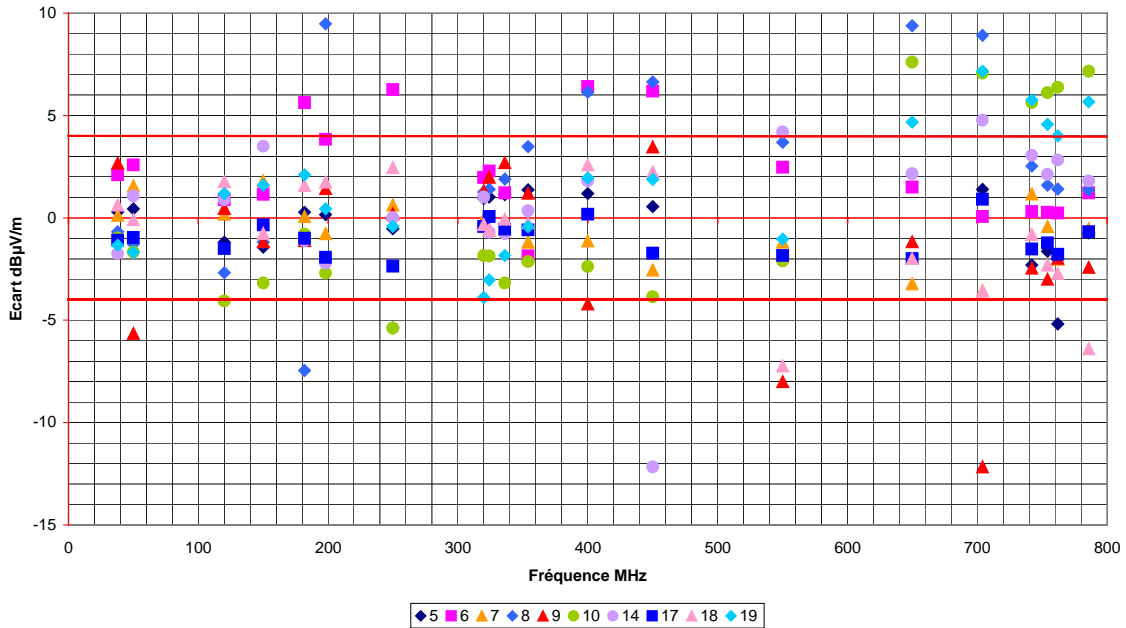
### Positionnement des laboratoires par rapport à la valeur vraie :

Cette valeur vraie est la moyenne à chaque fréquence du niveau mesuré après l'élimination des valeurs aberrantes (§3.2.2). Pour chaque fréquence, nous pouvons tracer la courbe de chaque laboratoire en fonction de cette valeur vraie (valeur labo. – valeur vraie).

Exemple : Labo. 5 à 38 MHz  $41,94 - 41,65 = 0,29$  dBµV/m

Fréquence MHz	Ecart par rapport à la valeur vraie									
	5	6	7	8	9	10	14	17	18	19
38	0.29	2.11	0.13	-0.67	2.68	-0.97	-1.75	-1.09	0.62	-1.33
50	0.44	2.60	1.56	-1.28	-5.64	-1.66	1.08	-0.96	-0.07	-1.68
120	-1.18	0.88	0.17	-2.68	0.45	-4.06	0.88	-1.50	1.77	1.18
150	-1.42	1.14	1.80	-1.18	-1.17	-3.18	3.50	-0.34	-0.76	1.60
182	0.27	5.63	0.07	-7.45	-1.10	-0.79	-1.13	-0.99	1.58	2.11
198	0.16	3.84	-0.77	9.48	1.43	-2.70	-2.22	-1.94	1.74	0.44
250	-0.53	6.27	0.63	-5.37	0.20	-5.39	0.01	-2.36	2.46	-0.43
320	0.94	1.96	-0.06	1.26	1.33	-1.84	1.02	-0.42	-0.32	-3.90
324	1.02	2.30	-0.60	1.40	2.00	-1.86	-0.70	0.08	-0.58	-3.02
336	1.13	1.23	-0.55	1.91	2.70	-3.17	-0.77	-0.55	-0.07	-1.83
354	1.37	-1.85	-1.19	3.49	1.20	-2.13	0.35	-0.59	-0.24	-0.43
400	1.20	6.42	-1.13	6.14	-4.21	-2.39	1.80	0.17	2.60	1.96
450	0.55	6.19	-2.55	6.63	3.46	-3.85	-12.17	-1.73	2.24	1.87
550		2.48	-1.19	3.68	-8.00	-2.10	4.20	-1.84	-7.23	-1.04
650		1.50	-3.22	9.38	-1.17	7.60	2.16	-2.00	-1.98	4.68
704	1.38	0.06	-3.55	8.92	-12.16	7.06	4.76	0.90	-3.57	7.16
742	-2.30	0.32	1.18	2.54	-2.46	5.64	3.06	-1.52	-0.80	5.76
754	-1.62	0.28	-0.42	1.60	-3.00	6.12	2.12	-1.22	-2.30	4.58
762	-5.19	0.23	-2.03	1.41	-1.97	6.37	2.83	-1.79	-2.72	4.01
786	-0.74	1.22	-0.52	1.36	-2.42	7.16	1.80	-0.68	-6.40	5.68

Positionnement des laboratoires / valeur vraie



## **4. TESTS STATISTIQUES POUR SUPPRIMER DES VALEURS ABERRANTES EN CHAMBRE ANÉCHOIQUE**

### **4.1 POLARISATION HORIZONTALE EN CHAMBRE ANECHOIQUE**

*Première étape :*

Nous avons appliqué les tests statistiques de la norme ISO 5725 selon le logigramme décrit au §1.3 et avons ainsi déterminé les valeurs aberrantes et les valeurs isolées.

*Seconde étape :*

L'incertitude de mesure est de  $\pm 4$  dB pour l'Atténuation Normalisée de l'Emplacement (ANE) d'un site selon la recommandation de la CISPR16.

Seule les valeurs aberrantes seront supprimées à la suite des tests statistiques à condition que ces valeurs soient aussi en dehors de la fourchette de  $\pm 4$  dB par rapport à la valeur moyenne des mesures relevées à chaque fréquence.

*Dernière étape :*

Après suppression des valeurs aberrantes, la moyenne calculée sur les valeurs restantes nous donne la valeur vraie à chaque fréquence.

#### 4.1.1 TESTS STATISTIQUES PRÉLIMINAIRES

Fréquence MHz	Ecart type des moyennes	Mandel h labo. N°	Mandel k labo. N°	Cochran labo. N°	Grubbs labo. N°	Suppression
38	12.42		2	2		1, 2,3,11
50	9.97		2	2		1, 2,3,11
120	5.41	11	2	2		2,11
150	3.06	11	2	2	11	11
182	4.12	12	2	2		11,12
198	4.05	12	2	2		11,12
250	5.03	12	2	2		11,12
320	4.23	11	2	2		11
324	4.14	11	2	2		11
336	4.21	11	2	2		3,11
354	4.78	11	2 et 11	2		2,3,11
400	7.12	3	4	4		3,15
450	3.84	4	4	4		4
550	2.96		4	4		11
650	5.99	12				12
704	9.5	12	12			11,12,15
742	4.97		4	4		1,11
754	4.12	11	4	4		2,11
762	4.16		4	4		2,11
786	5.21		4	4		1,2

Valeur aberrante

Valeur isolée

#### 4.1.2 ELIMINATION DES VALEURS ABERRANTES

Fréquence MHz	Niveau en dB/μV/m									
	1	2	3	4	11	12	15	16	Moyenne	Ecart type
38				34.28		33.28	38.00	33.68	34.81	2.16
50				39.04		43.92	39.76	39.03	40.44	2.35
120	59.51		62.74	59.38		57.74	61.08	59.98	60.07	1.69
150	63.93	63.15	65.16	63.92		60.20	63.68	64.12	63.45	1.56
182	66.64	65.63	68.33	66.74			67.42	66.57	66.89	0.91
198	66.68	66.90	70.29	68.26			69.34	66.78	68.04	1.52
250	70.47	70.24	73.19	72.90			74.31	74.63	72.62	1.87
320	68.12	66.70	73.59	72.16		66.10	69.61	72.10	69.77	2.93
324	68.23	66.98	73.92	72.14		66.30	69.14	72.19	69.84	2.92
336	67.17	64.47		69.94		66.70	67.28	70.71	67.71	2.28
354	64.87			68.96		66.30	65.76	67.14	66.61	1.55
400	62.99	62.02		61.64	62.69	55.36		54.68	59.90	3.81
450	61.15	65.20	68.45		63.19	64.32	64.17	63.04	64.22	2.26
550	68.24		63.24	65.72		66.74	66.29		66.04	1.83
650	64.47		62.08	63.40	68.33		59.06		63.47	3.39
704	52.46	57.98	58.20	57.78				51.16	55.52	3.42
742		50.65	53.73	50.68		45.50	48.35	45.55	49.08	3.24
754	46.38		49.61	47.58		45.06	48.40	44.33	46.89	2.02
762	51.01		48.77	45.24		44.04	48.48	44.18	46.95	2.87
786	54.30	55.11	51.77		50.53		48.47		52.04	2.72

### 4.1.3 RESULTAT

Ces différents tests ont permis d'identifier les laboratoires devant être supprimés de la population totale pour les différentes fréquences retenues afin de réduire l'écart type de la population totale.

Dans le tableau ci-dessous figurent :

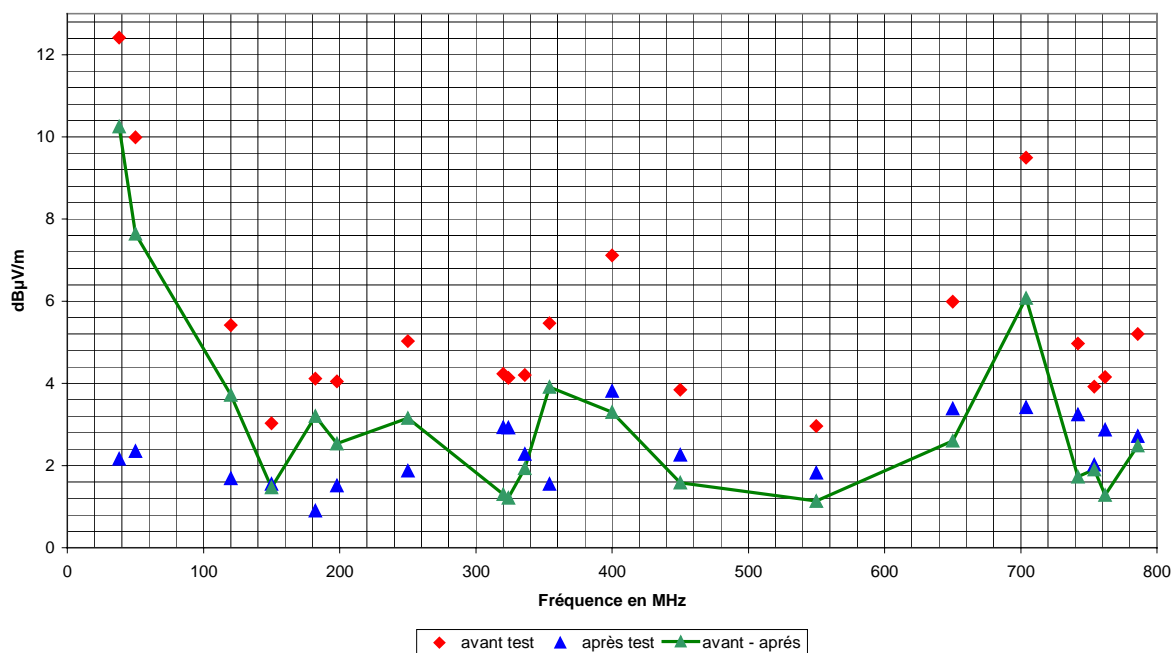
- Les laboratoires supprimés aux fréquences concernées.
- L'écart type des mesures avant le test statistique.
- L'écart type des mesures après le test statistique.

On entend par mesure, la moyenne par laboratoire des mesures de répétabilité.

Fréquence MHz	38	50	120	150	182	198	250	320	324	336
Laboratoire n°	1-2-3-11	1-2-3-11	2-11	11	11-12	11-12	11-12	11	11	3-11
Avant le test	12,42	9,97	5,41	3,06	4,12	4,05	5,03	4,23	4,14	4,21
Après le test	2,16	2,35	1,69	1,56	0,91	1,52	1,87	2,93	2,92	2,28

Fréquence MHz	354	400	450	550	650	704	742	754	762	786
Laboratoire n°	2-3-11	3-15	4	11	12	11-12-15	1-11	2-11	2-11	1-2
Avant le test	4,78	7,12	3,84	2,96	5,99	9,5	4,97	4,12	4,16	5,21
Après le test	1,55	3,81	2,26	1,83	3,39	3,42	3,51	1,97	2,87	2,72

Ecart type

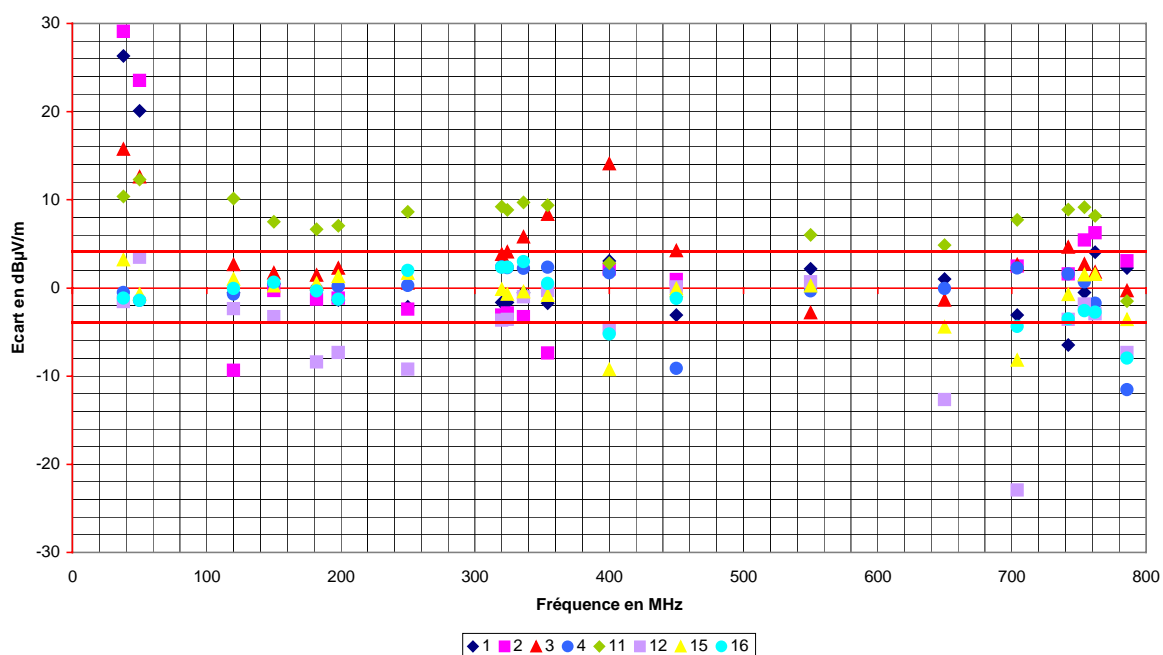


## Positionnement des laboratoires par rapport à la valeur vraie :

Cette valeur vraie est la moyenne à chaque fréquence du niveau mesuré après l'élimination des valeurs aberrantes (§4.1.2). Pour chaque fréquence, nous pouvons tracer la courbe de chaque laboratoire en fonction de cette valeur vraie (valeur labo. – valeur vraie).

Fréquence MHz	Ecart par rapport à la valeur vraie							
	1	2	3	4	11	12	15	16
38	26.32	29.13	15.74	-0.53	10.36	-1.53	3.19	-1.13
50	20.12	23.54	12.63	-1.40	12.28	3.48	-0.67	-1.41
120	-0.56	-9.36	2.66	-0.69	10.16	-2.33	1.01	-0.09
150	0.47	-0.30	1.71	0.47	7.52	-3.25	0.23	0.67
182	-0.25	-1.26	1.44	-0.15	6.67	-8.39	0.53	-0.32
198	-1.36	-1.15	2.24	0.22	7.04	-7.34	1.30	-1.26
250	-2.15	-2.38	0.57	0.28	8.64	-9.22	1.68	2.00
320	-1.65	-3.07	3.83	2.39	9.19	-3.67	-0.16	2.33
324	-1.62	-2.86	4.08	2.30	8.86	-3.54	-0.70	2.35
336	-0.54	-3.24	5.80	2.23	9.72	-1.01	-0.43	3.00
354	-1.73	-7.38	8.36	2.35	9.39	-0.31	-0.84	0.53
400	3.09	2.12	14.10	1.74	2.80	-4.54	-9.26	-5.22
450	-3.07	0.98	4.23	-9.12	-1.03	0.10	-0.05	-1.18
550	2.19		-2.81	-0.32	6.05	0.70	0.24	
650	1.00		-1.39	-0.07	4.86	-12.65	-4.41	
704	-3.06	2.46	2.68	2.26	7.73	-22.94	-8.19	-4.35
742	-6.46	1.58	4.65	1.60	8.91	-3.58	-0.73	-3.53
754	-0.52	5.45	2.72	0.69	9.18	-1.83	1.51	-2.56
762	4.06	6.24	1.81	-1.71	8.17	-2.91	1.53	-2.78
786	2.27	3.08	-0.27	-11.5	-1.50	-7.32	-3.57	-7.97

Positionnement des laboratoires / valeur vraie



## 4.2 POLARISATION VERTICALE EN CHAMBRE ANECHOIQUE

*Première étape :*

Nous avons appliqué les tests statistiques de la norme ISO 5725 selon le logigramme décrit au §1.3 et avons ainsi déterminé les valeurs aberrantes et les valeurs isolées.

*Seconde étape :*

L'incertitude de mesure est de  $\pm 4$  dB pour l'Atténuation Normalisée de l'Emplacement (ANE) d'un site selon la recommandation de la CISPR16.

Seule les valeurs aberrantes seront supprimées à la suite des tests statistiques à condition que ces valeurs soient aussi en dehors de la fourchette de  $\pm 4$  dB par rapport à la valeur moyenne des mesures relevées à chaque fréquence.

*Dernière étape :*

Après suppression des valeurs aberrantes, la moyenne calculée sur les valeurs restantes nous donne la valeur vraie à chaque fréquence.

### 4.2.1 TESTS STATISTIQUES PRELIMINAIRES

Fréquence	Niveau en dB/ $\mu$ V/m									
MHz	1	2	3	4	11	12	15	16	Moyenne	Ecart type
38	58.24	62.74	52.38	50.95	52.45	51.54	63.15	58.14	56.20	5.0
50	56.03	66.65	53.37	52.08	59.39	53.52	49.87	53.69	55.58	5.3
120	42.13	58.52	61.69	57.62	65.36	56.94	58.29	56.27	57.10	6.7
150	60.64	64.74	64.20	61.32	67.32	60.10	57.80	57.82	61.74	3.4
182	59.02	60.08	65.41	58.18	68.16	54.72	61.71	57.71	60.63	4.4
198	59.19	57.82	68.40	57.50	62.36	60.66	64.81	51.59	60.29	5.1
250	60.67	55.67	75.11	64.32	71.89	63.40	70.25	68.09	66.17	6.4
320	69.63	68.77	71.98	70.72	77.87	66.10	72.42	70.34	70.98	3.4
324	69.58	67.85	72.33	70.98	78.53	66.30	73.57	70.82	71.25	3.8
336	68.16	65.57	71.77	70.48	78.44	66.80	73.36	70.44	70.63	4.1
354	69.33	69.09	73.06	71.70	76.94	67.40	73.12	72.63	71.66	3.0
400	69.08	68.28	73.89	71.92	79.05	68.80	70.90	69.72	71.46	3.6
450	66.80	61.86	69.23	71.02	78.05	65.74	69.93	67.21	68.73	4.7
550	59.28		69.99	59.42	68.28	61.00	55.11		62.18	5.8
650	51.82		61.35	58.18	63.13	61.50	62.27		59.71	4.2
704	59.89	65.82	57.70	59.16	62.95	57.94	57.39	56.28	59.64	3.2
742	59.03	62.33	53.51	56.40	63.50	53.22	54.03	52.60	56.83	4.3
754	56.26	60.38	53.27	54.44	62.45	51.90	51.38	52.89	55.37	4.1
762	55.39	59.67	52.75	53.34	61.47	50.02	50.36	52.26	54.41	4.2
786	47.81	59.72	51.61	51.66	58.26	47.04	46.41	50.12	51.58	5.0

Fréquence MHz	Ecart type des moyennes	Mandel h labo. N°	Mandel k labo. N°	Cochran labo. N°	Grubbs labo. N°	Suppression
38	5.03		2	2		2,15
50	5.28		2	2	11	2,11
120	6.74	11	2	2	1	1,11
150	3.41	11	2	2		11
182	4.36	12	2	2		11,12
198	5.09	12	11	11		3,16
250	6.37	12	2	2		2,3
320	3.41	11	2	2		11
324	3.75	11	2	2		11
336	4.07	11	2	2		11
354	3	11	2	2		11
400	3.58	3	2	2	3	11
450	4.72	4	2	2		2,11
550	5.76		15	15		3,11
650	4.21	12			1 et 4	1
704	3.22	12	2	2		2
742	4.3		2 et 16	16		2,11
754	4.06	11	16	16		2,11
762	4.58		2 et 4			2,11
786	4.99		2 et 16	16		2,11

Valeur aberrante

Valeur isolée

#### 4.2.2 ELIMINATION DES VALEURS ABERRANTES

Fréquence MHz	Niveau en dB/μV/m									
	1	2	3	4	11	12	15	16	Moyenne	Ecart type
38	58.24		52.38	50.95	52.45	51.54		58.14	53.95	3.3
50	56.03		53.37	52.08		53.52	49.87	53.69	53.09	2.0
120		58.52	61.69	57.62		56.94	58.29	56.27	58.22	1.9
150	60.64	64.74	64.20	61.32		60.10	57.80	57.82	60.95	2.8
182	59.02	60.08	65.41	58.18			61.71	57.71	60.35	2.9
198	59.19	57.82		57.50	62.36	60.66	64.81		60.39	2.8
250			75.11	64.32	71.89	63.40	70.25	68.09	68.84	4.5
320	69.63	68.77	71.98	70.72		66.10	72.42	70.34	69.99	2.1
324	69.58	67.85	72.33	70.98		66.30	73.57	70.82	70.20	2.5
336	68.16	65.57	71.77	70.48		66.80	73.36	70.44	69.51	2.8
354	69.33	69.09	73.06	71.70		67.40	73.12	72.63	70.90	2.3
400	69.08	68.28	73.89	71.92		68.80	70.90	69.72	70.37	2.0
450	66.80		69.23	71.02		65.74	69.93	67.21	68.32	2.0
550	59.28			59.42		61.00	55.11		58.70	2.5
650			61.35	58.18	63.13	61.50	62.27		61.29	1.9
704	59.89		57.70	59.16	62.95	57.94	57.39	56.28	58.76	2.2
742	59.03		53.51	56.40		53.22	54.03	52.60	54.80	2.5
754	56.26		53.27	54.44		51.90	51.38	52.89	53.36	1.8
762	55.39		52.75	53.34		50.02	50.36	52.26	52.35	2.0
786	47.81		51.61	51.66		47.04	46.41	50.12	49.11	2.3

### 4.2.3 RESULTAT

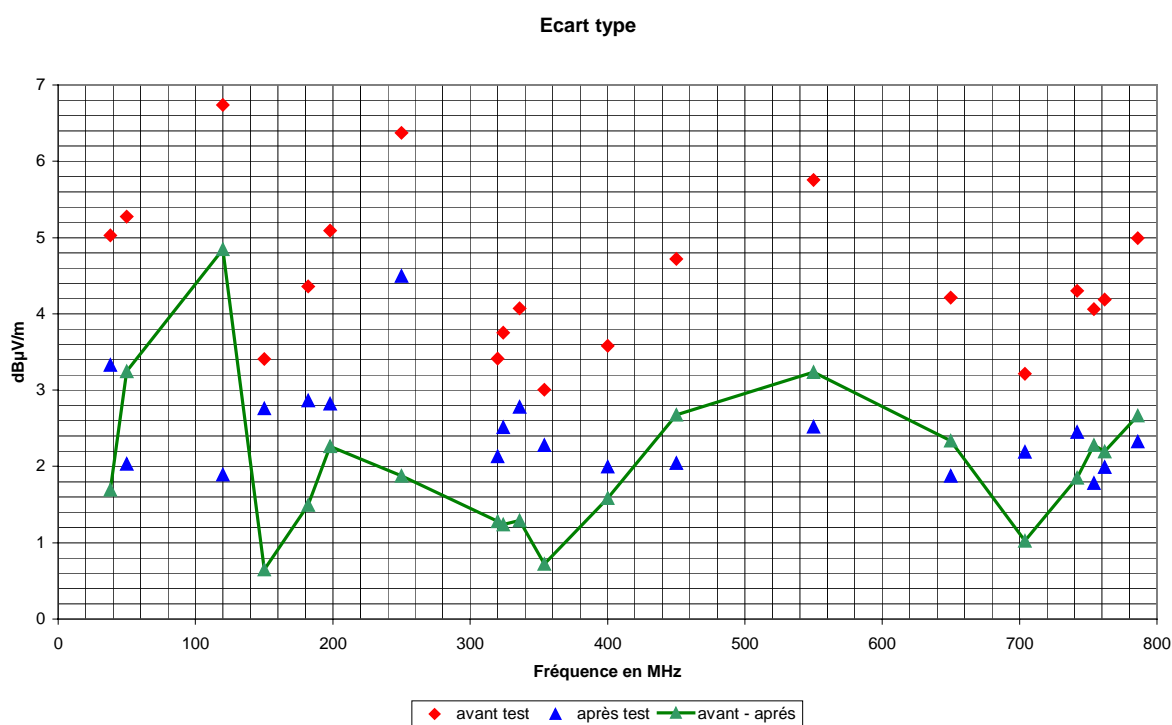
Ces différents tests ont permis d'identifier les laboratoires devant être supprimés de la population totale pour les différentes fréquences retenues afin de réduire l'écart type de la population totale.

Dans le tableau ci-dessous figure :

- Les laboratoires supprimés aux fréquences concernées.
- L'écart type des mesures avant le test statistique.
- L'écart type des mesures après le test statistique.
- On entend par mesure, la moyenne par laboratoire des mesures de répétabilité.

Fréquence MHz	38	50	120	150	182	198	250	320	324	336
Laboratoire n°	2-15	2-11	1-11	11	11-12	3-16	2-3	11	11	11
Avant le test	5,03	5,28	6,74	3,41	4,36	5,09	6,37	3,41	3,75	4,07
Après le test	3,33	2,04	1,89	2,76	2,86	2,83	4,33	2,13	2,52	2,78

Fréquence MHz	354	400	450	550	650	704	742	754	762	786
Laboratoire n°	11	11	2-11	3-15	1	2	2-11	2-11	2-11	2-11
Avant le test	3	3,58	4,72	5,76	4,21	3,22	4,3	4,06	4,58	4,99
Après le test	2,28	2	2,04	2,52	1,88	2,19	2,45	1,78	2,21	2,33

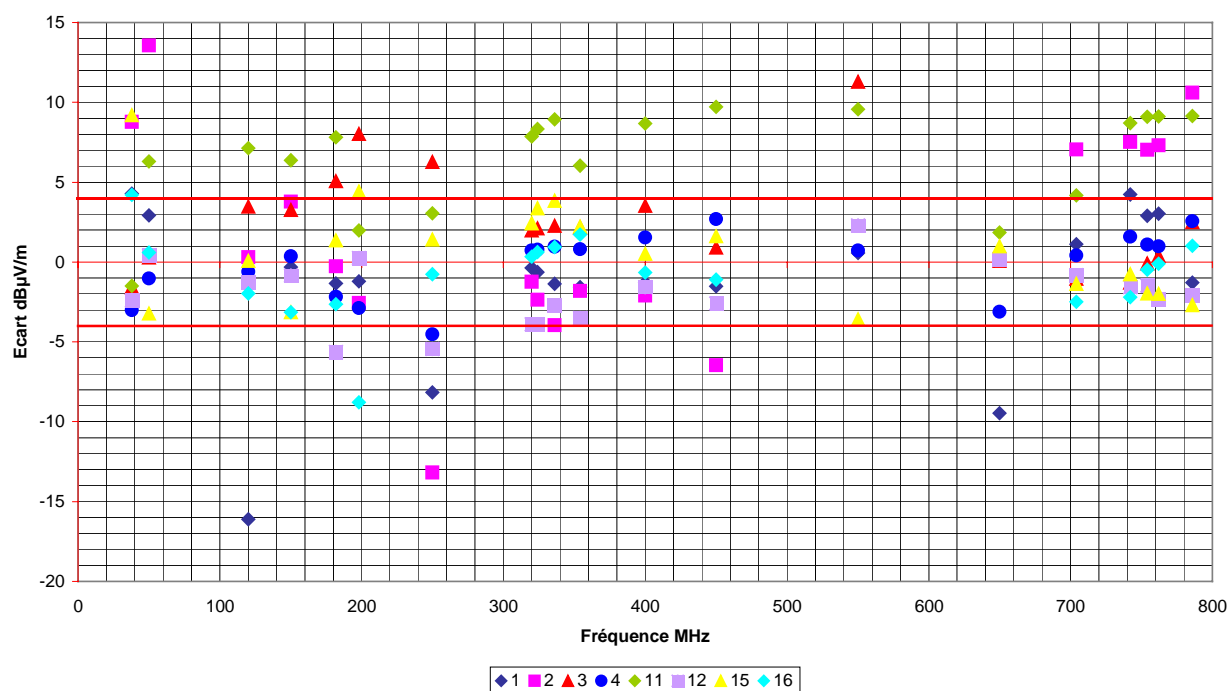


## Positionnement des laboratoires par rapport à la valeur vraie :

Cette valeur vraie est la moyenne à chaque fréquence du niveau mesuré après l'élimination des valeurs aberrantes (§4.2.2). Pour chaque fréquence, nous pouvons tracer la courbe de chaque laboratoire en fonction de cette valeur vraie (valeur labo. – valeur vraie).

Fréquence MHz	Ecart par rapport à la valeur vraie							
	1	2	3	4	11	12	15	16
38	4.29	8.79	-1.57	-3.00	-1.50	-2.41	9.20	4.19
50	2.93	13.56	0.28	-1.02	6.30	0.43	-3.22	0.60
120	-16.09	0.30	3.47	-0.60	7.14	-1.28	0.07	-1.95
150	-0.31	3.79	3.26	0.37	6.38	-0.85	-3.14	-3.13
182	-1.33	-0.27	5.06	-2.17	7.81	-5.63	1.36	-2.64
198	-1.20	-2.57	8.01	-2.89	1.97	0.27	4.42	-8.80
250	-8.17	-13.17	6.27	-4.52	3.04	-5.44	1.41	-0.76
320	-0.36	-1.22	1.99	0.73	7.88	-3.89	2.43	0.35
324	-0.62	-2.35	2.12	0.78	8.33	-3.90	3.37	0.62
336	-1.35	-3.94	2.26	0.97	8.93	-2.71	3.85	0.93
354	-1.58	-1.81	2.16	0.80	6.04	-3.50	2.22	1.72
400	-1.29	-2.09	3.52	1.55	8.68	-1.57	0.53	-0.65
450	-1.52	-6.46	0.91	2.70	9.72	-2.58	1.61	-1.11
550	0.58		11.29	0.72	9.57	2.30	-3.59	
650	-9.47		0.06	-3.11	1.84	0.21	0.99	
704	1.13	7.06	-1.05	0.40	4.19	-0.82	-1.37	-2.48
742	4.23	7.53	-1.29	1.60	8.70	-1.58	-0.76	-2.20
754	2.90	7.03	-0.08	1.08	9.09	-1.46	-1.97	-0.47
762	3.04	7.31	0.40	0.99	9.11	-2.33	-2.00	-0.10
786	-1.30	10.61	2.50	2.55	9.15	-2.07	-2.70	1.01

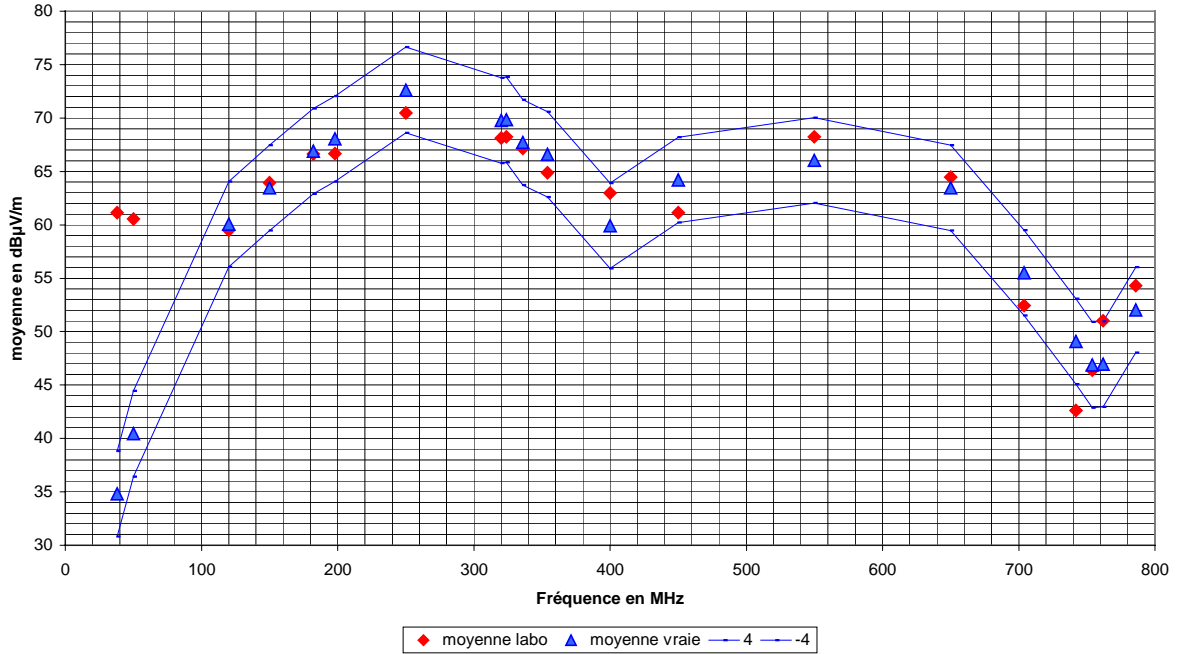
Positionnement des laboratoires / valeur vraie



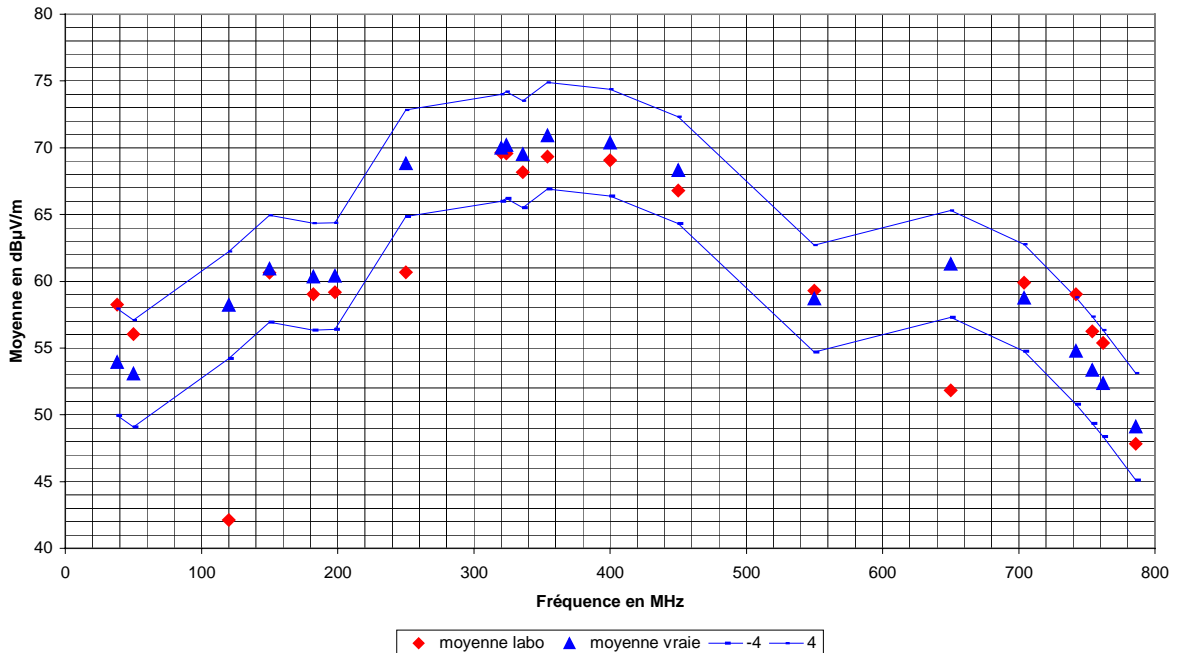
# 5. RESULTAT PAR LABORATOIRE

## 5.1 LABORATOIRE N°1

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

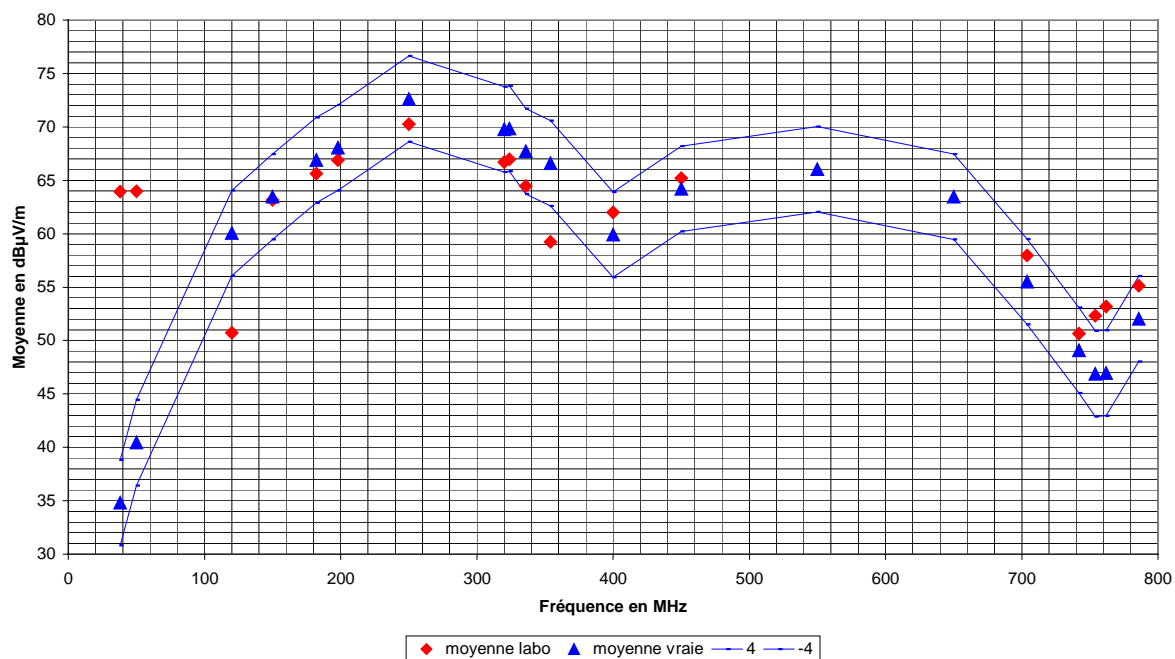


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

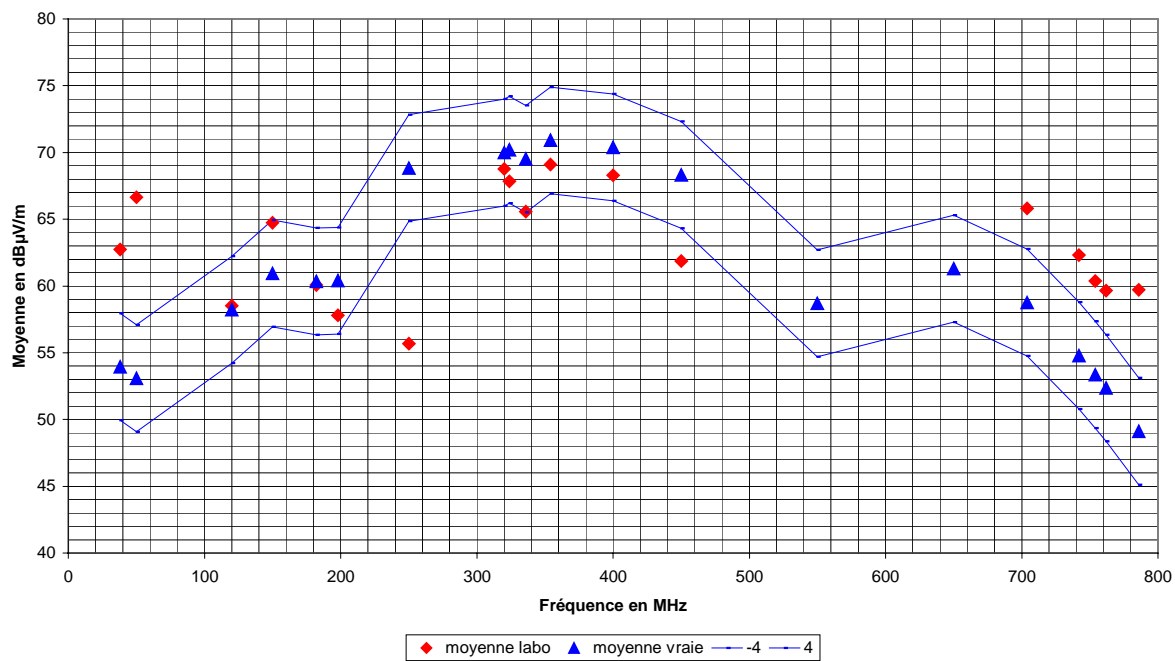


## 5.2 LABORATOIRE N°2

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

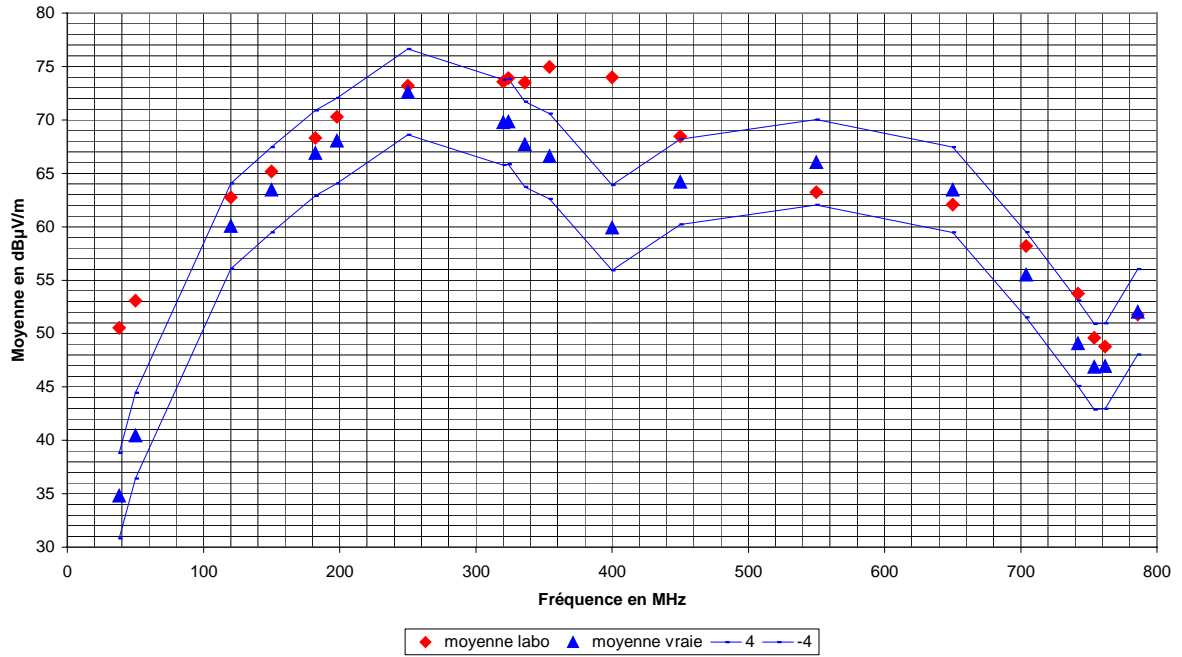


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

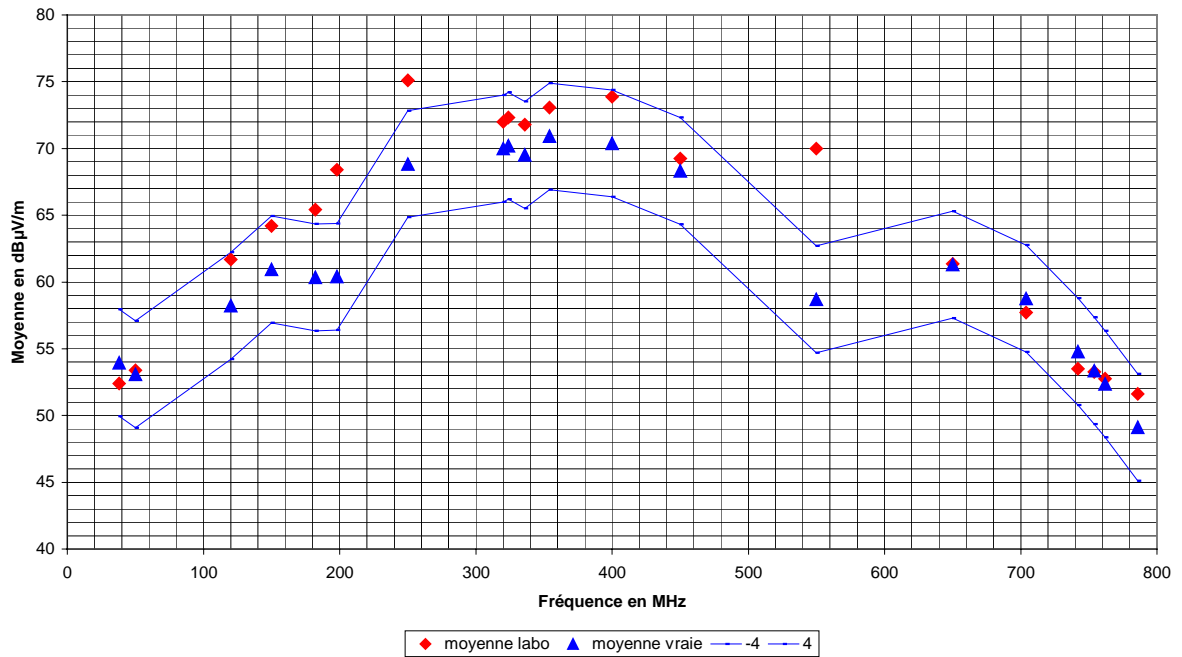


### 5.3 LABORATOIRE N°3

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

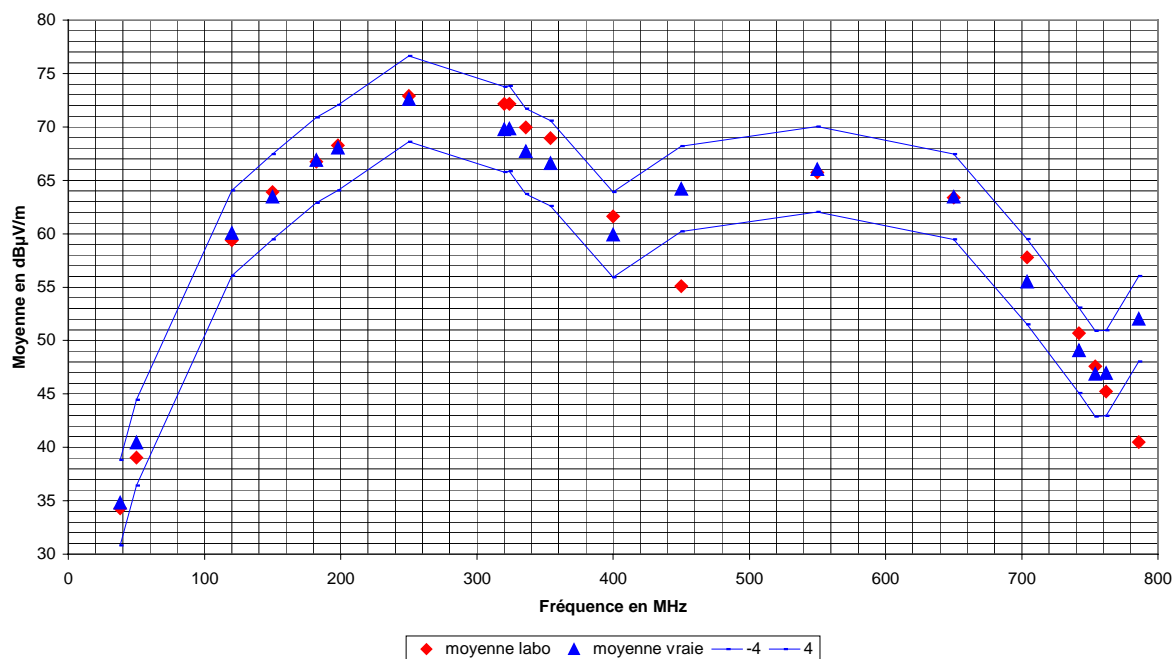


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

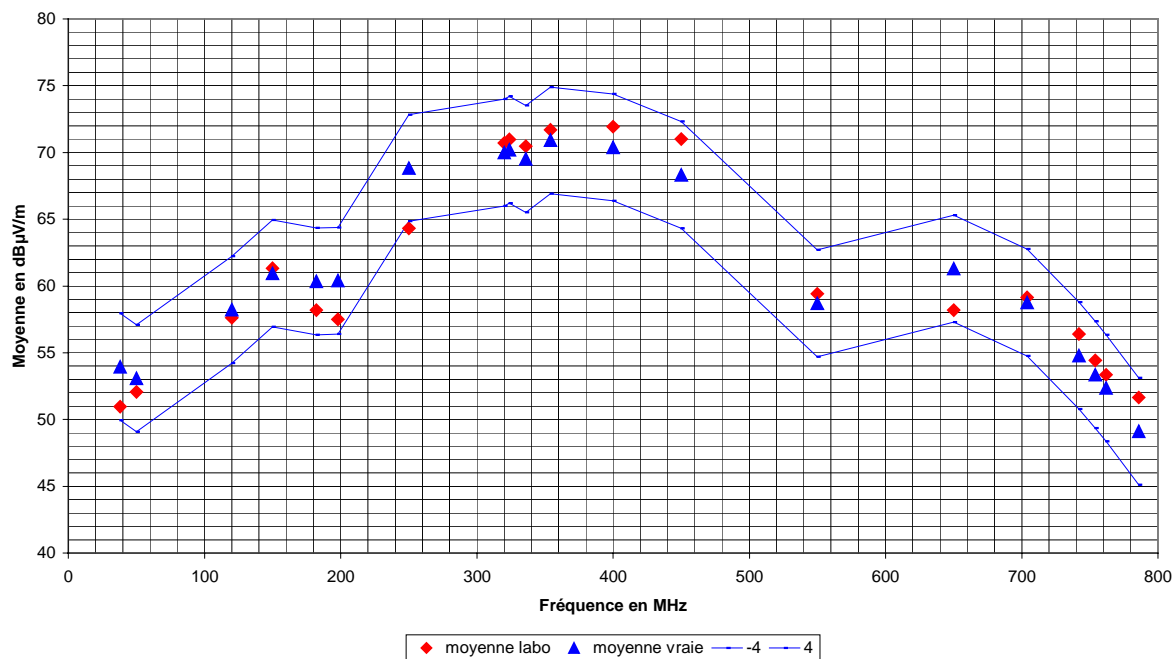


## 5.4 LABORATOIRE N°4

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

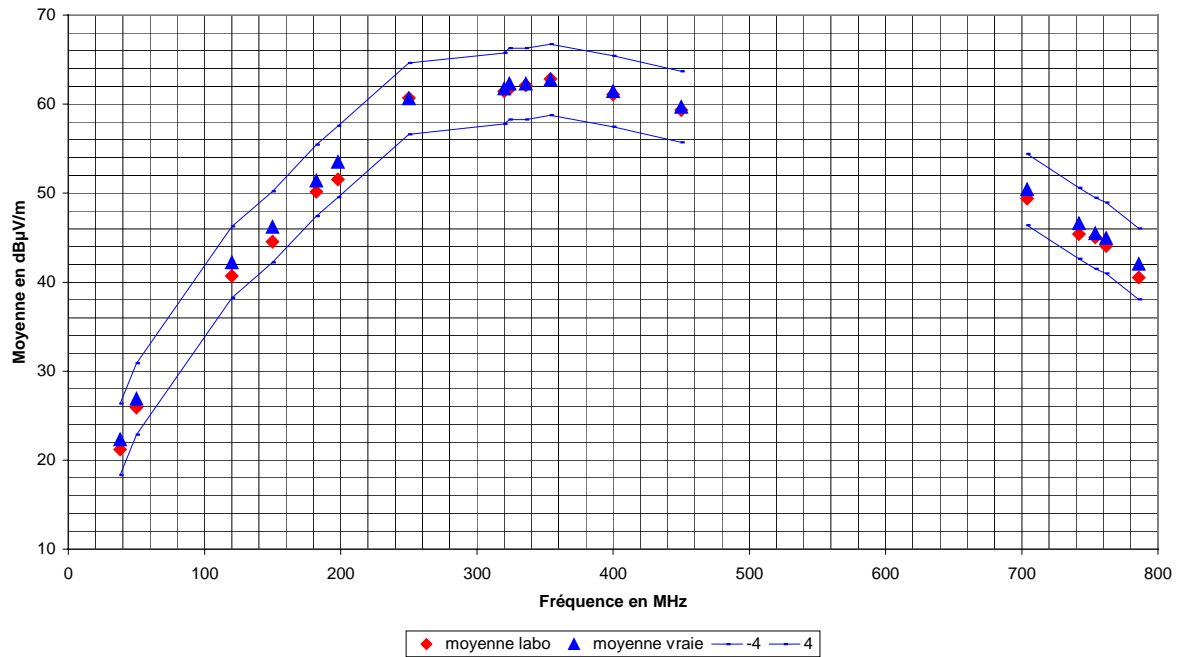


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

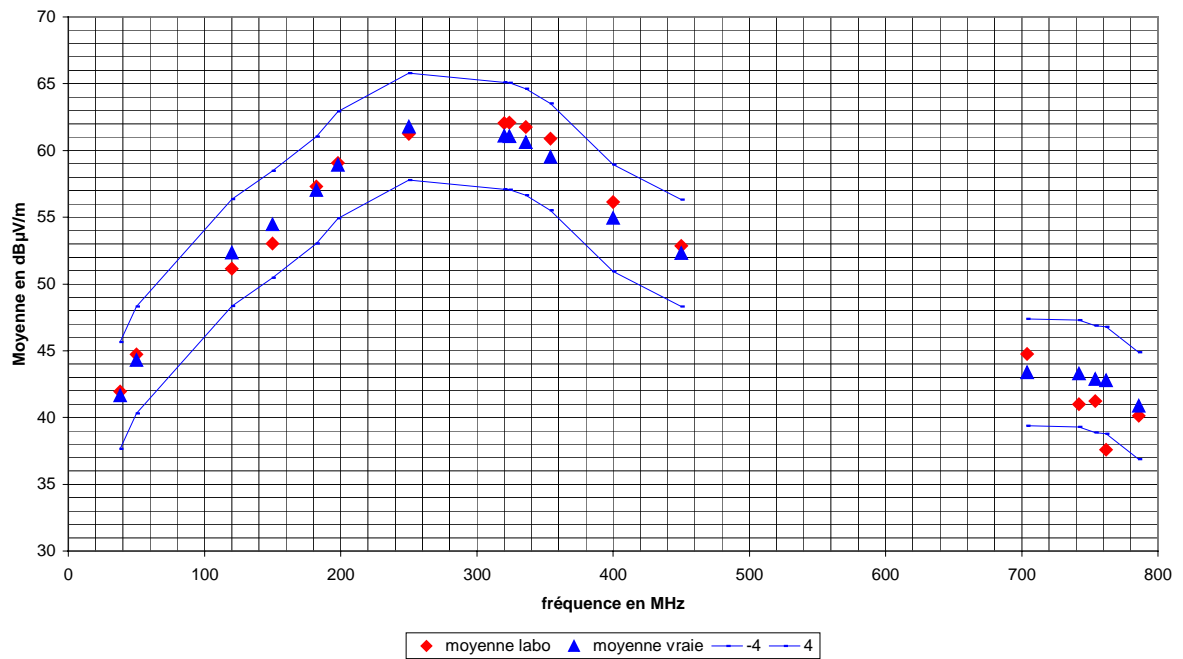


## 5.5 LABORATOIRE N°5

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

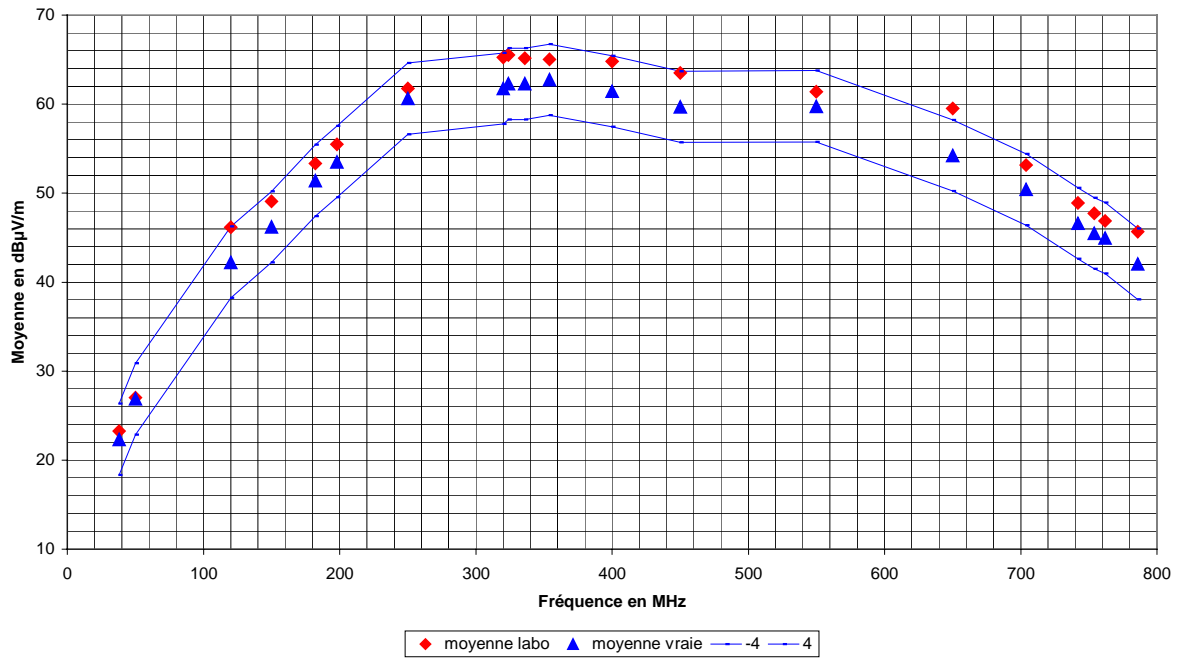


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

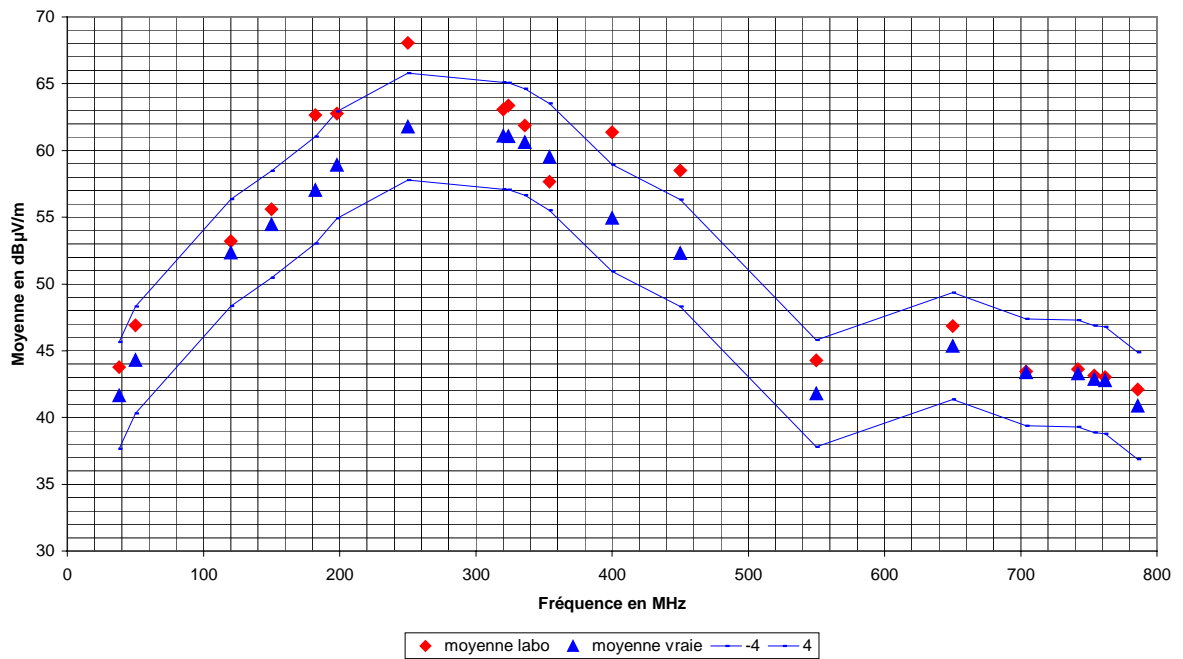


## 5.6 LABORATOIRE N°6

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

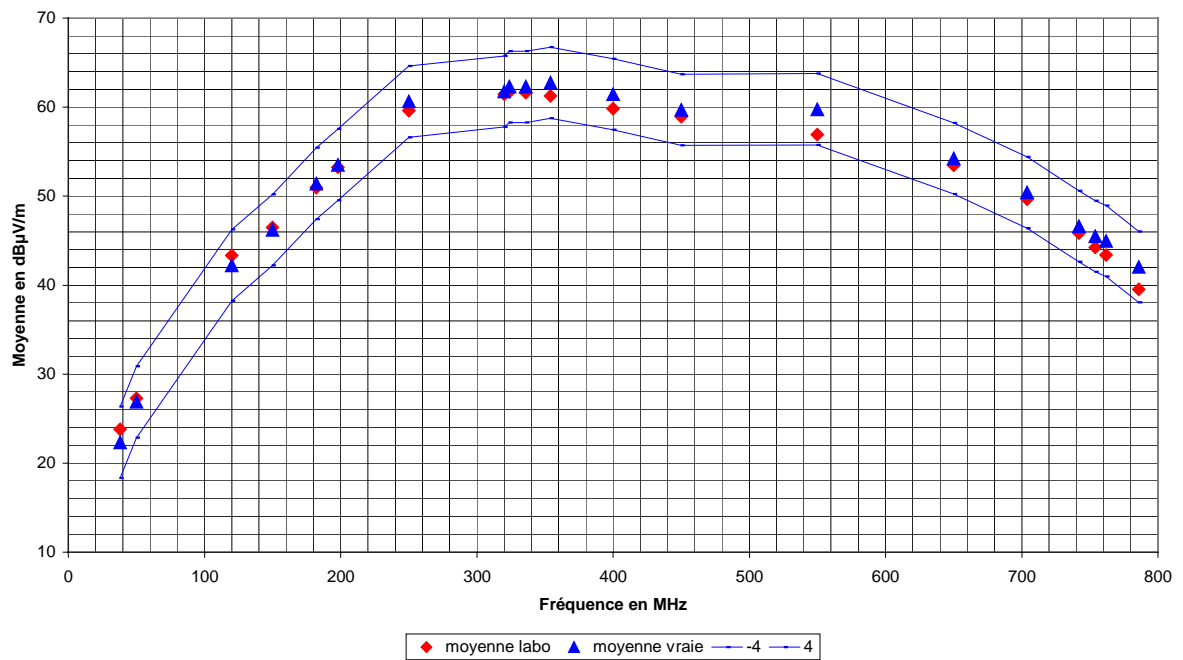


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

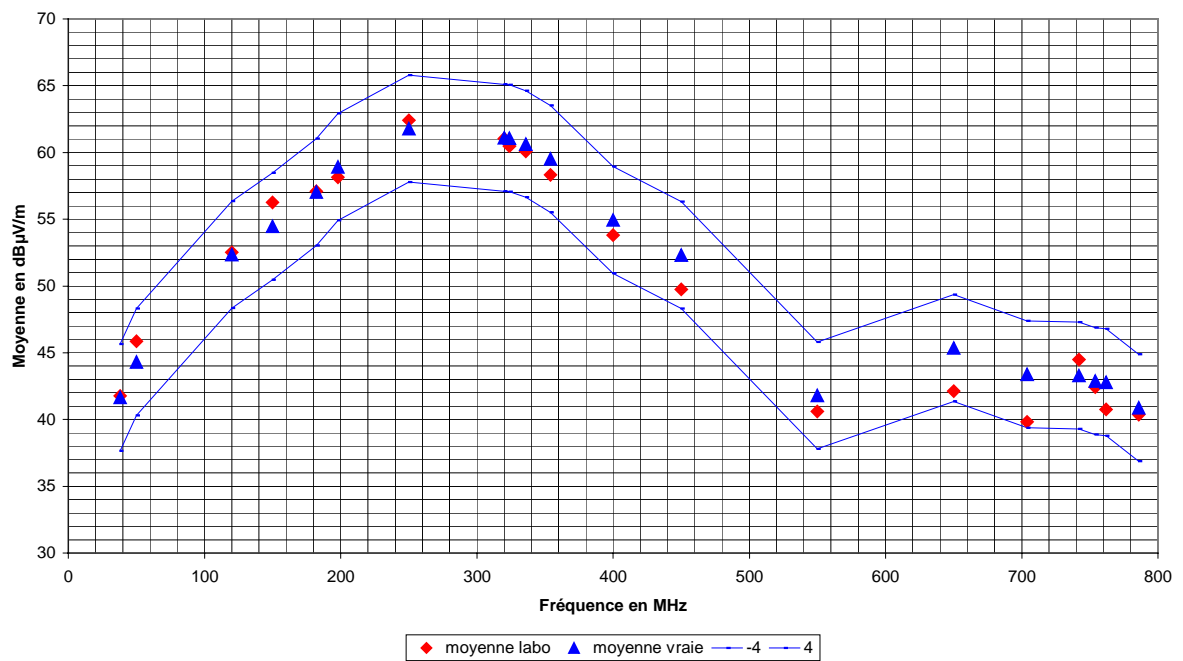


## 5.7 LABORATOIRE N°7

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

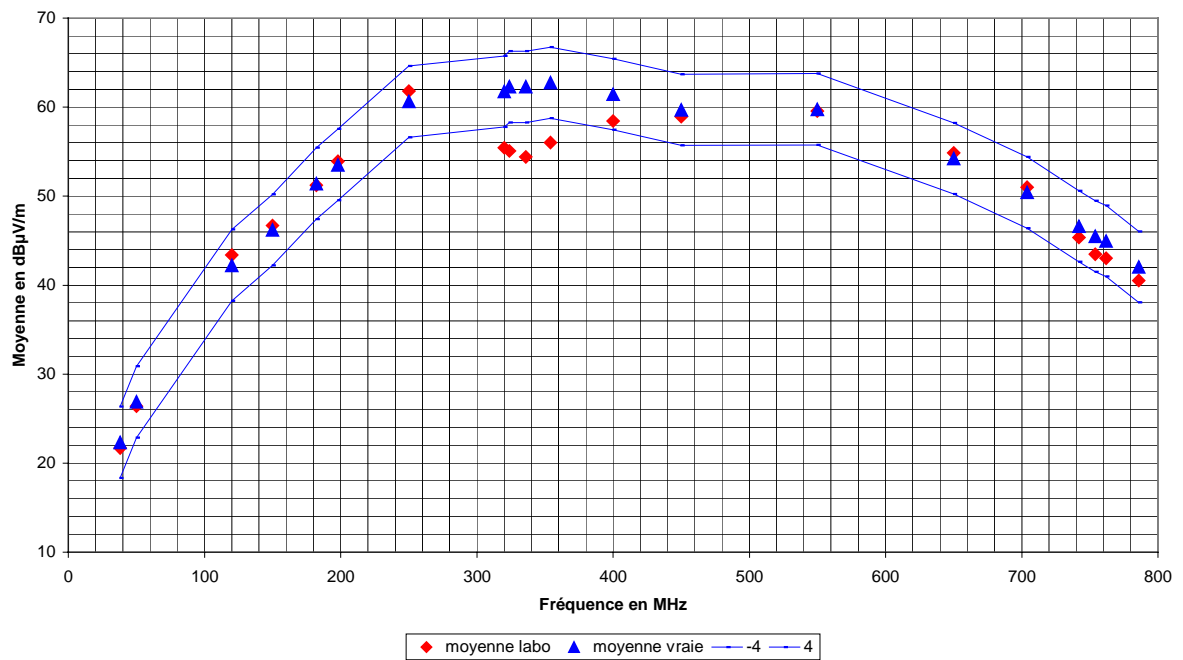


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

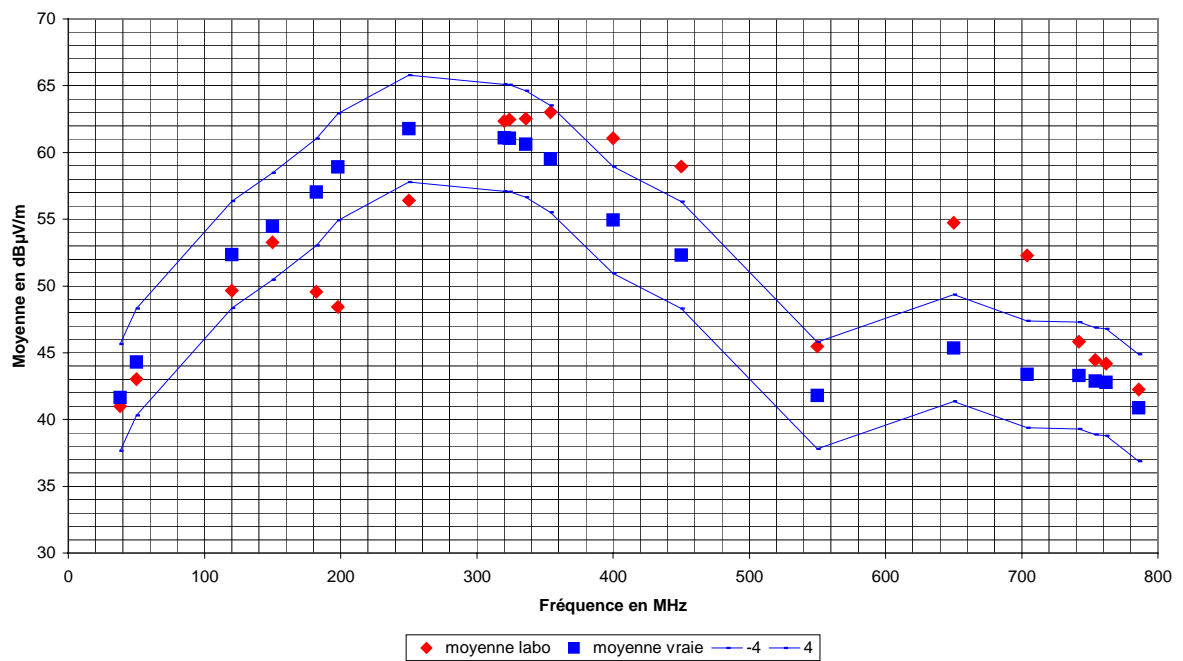


## 5.8 LABORATOIRE N°8

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

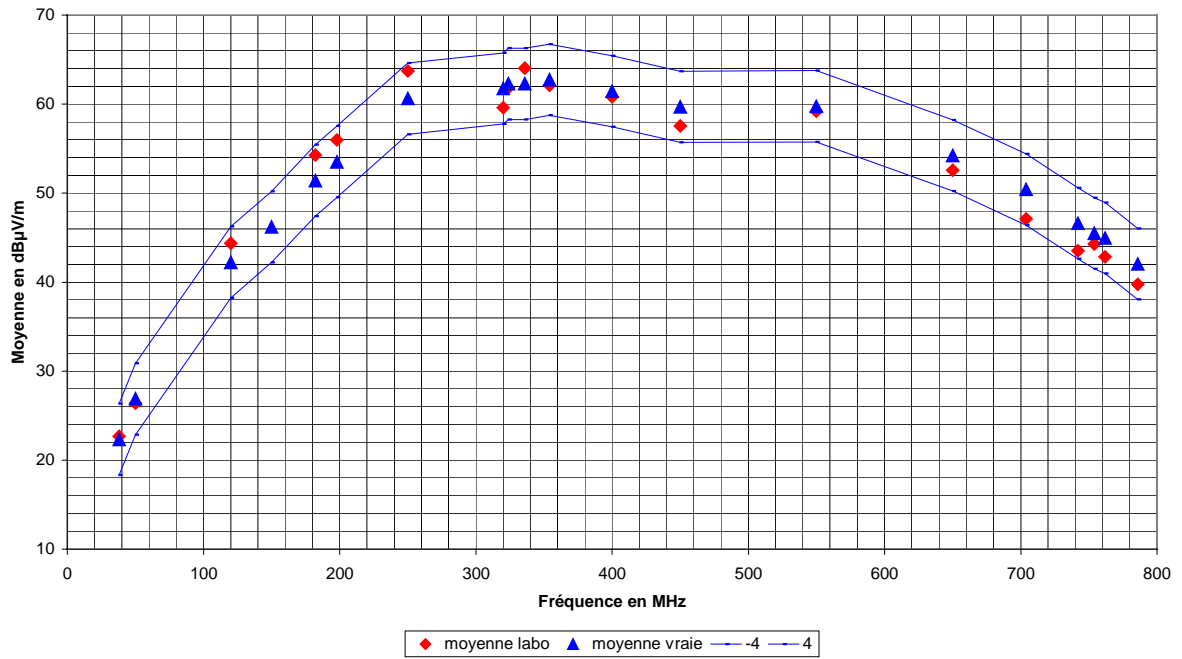


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

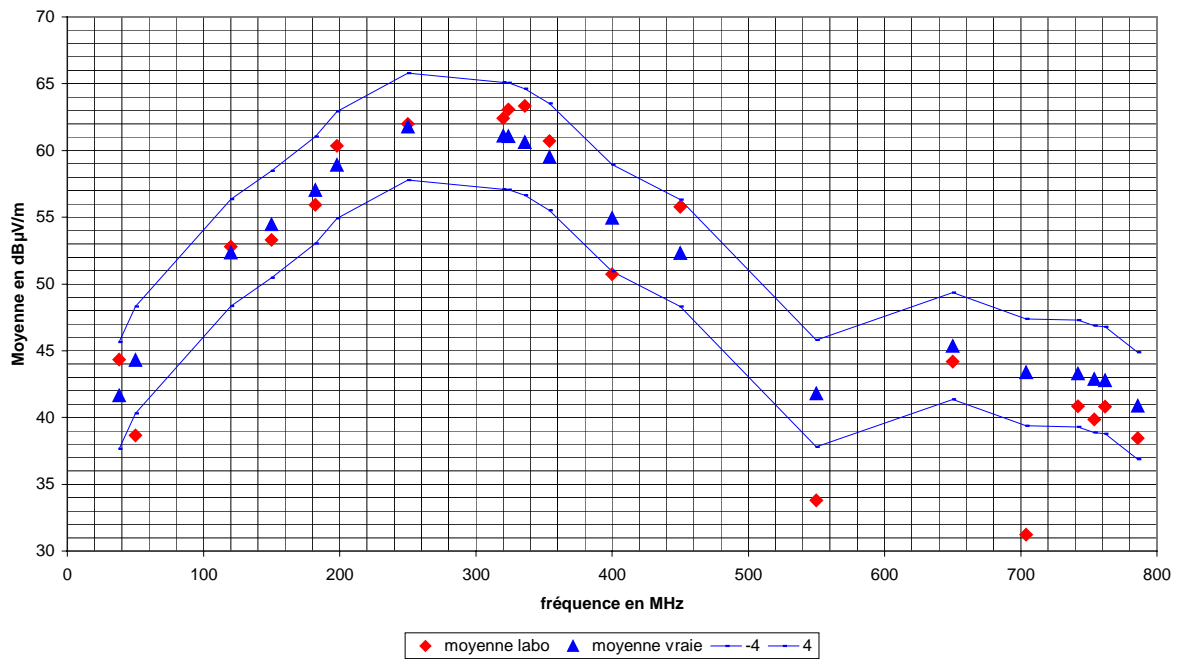


## 5.9 LABORATOIRE N°9

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

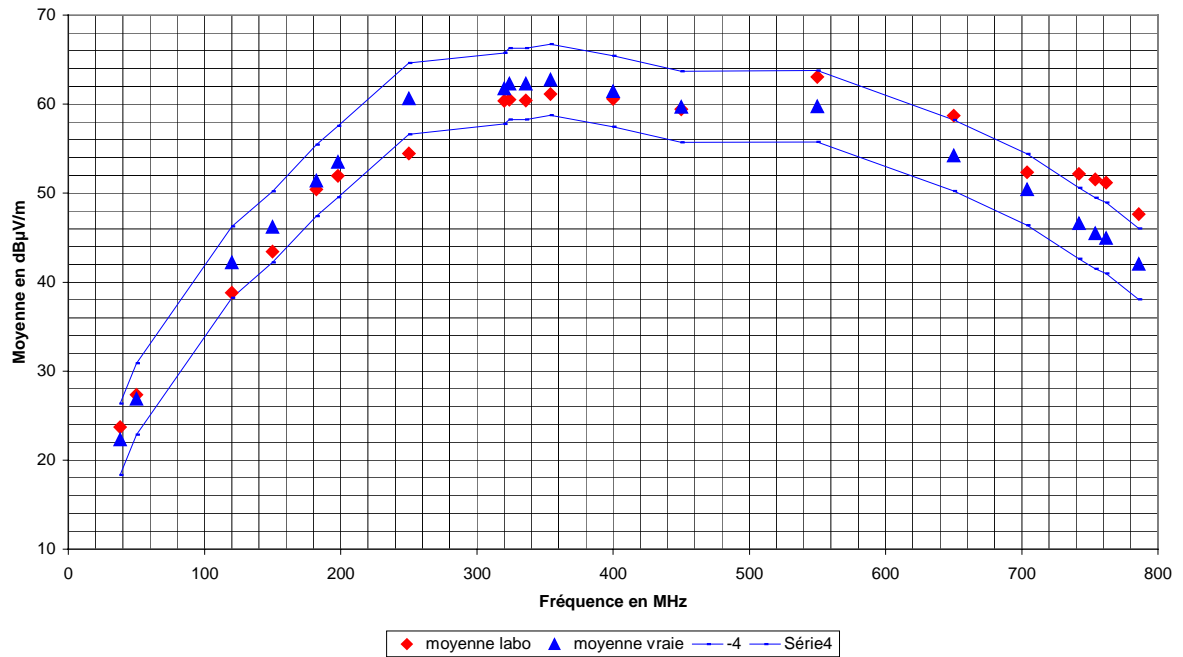


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

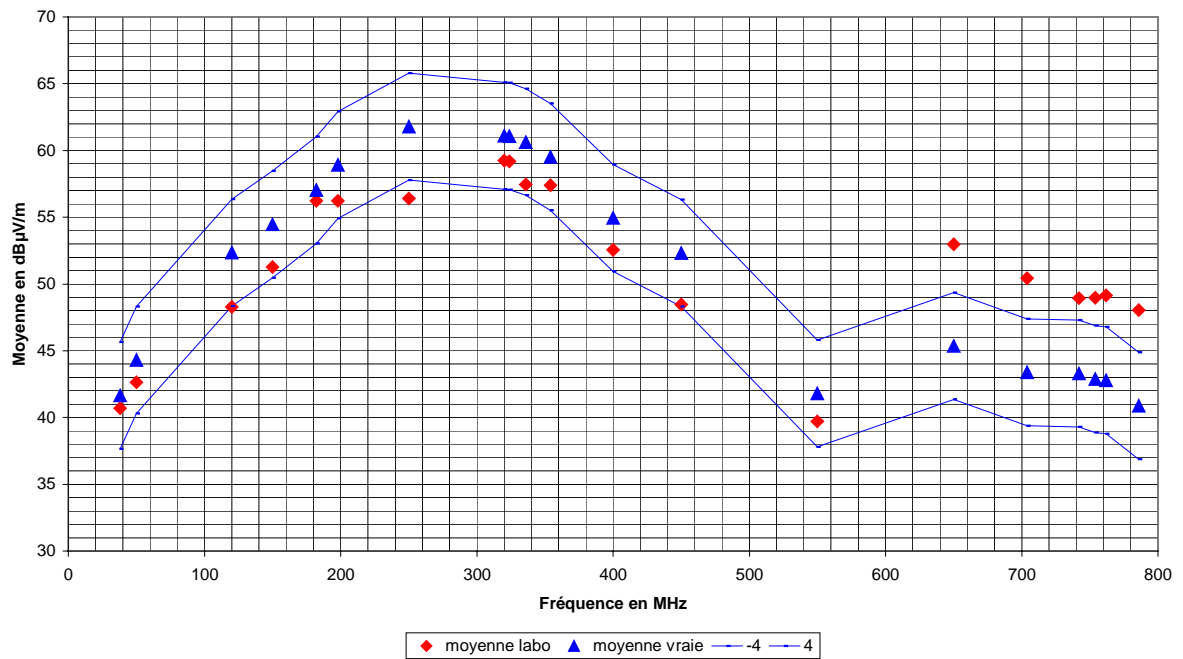


## 5.10 LABORATOIRE N°10

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

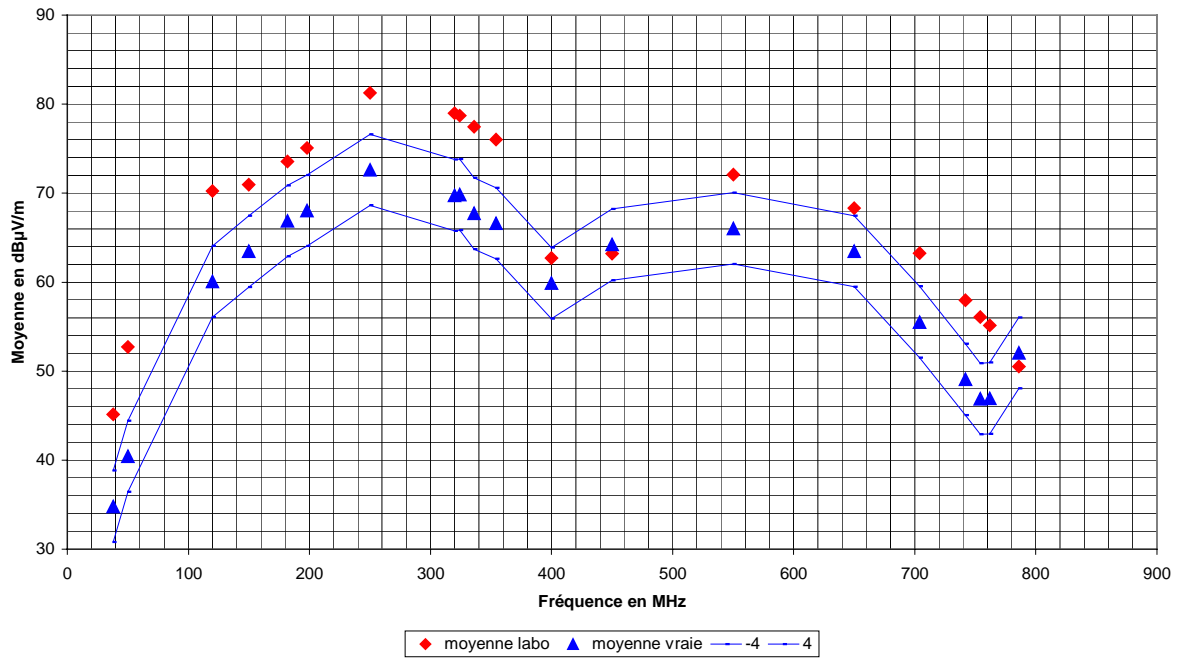


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

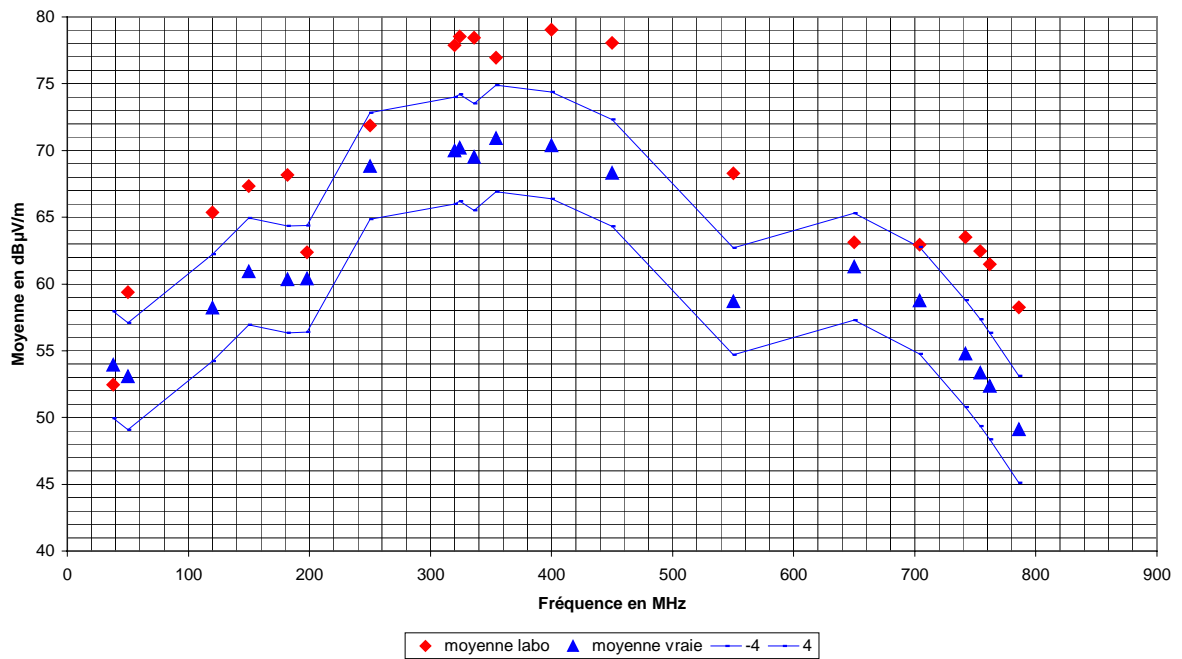


## 5.11 LABORATOIRE N°11

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

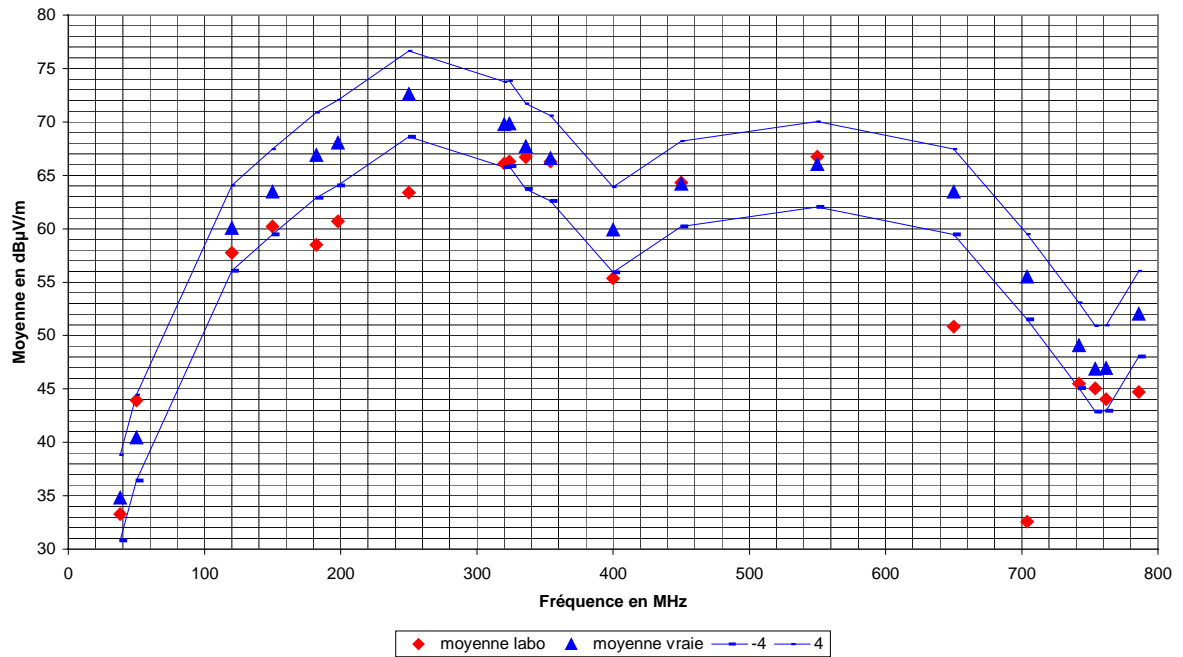


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

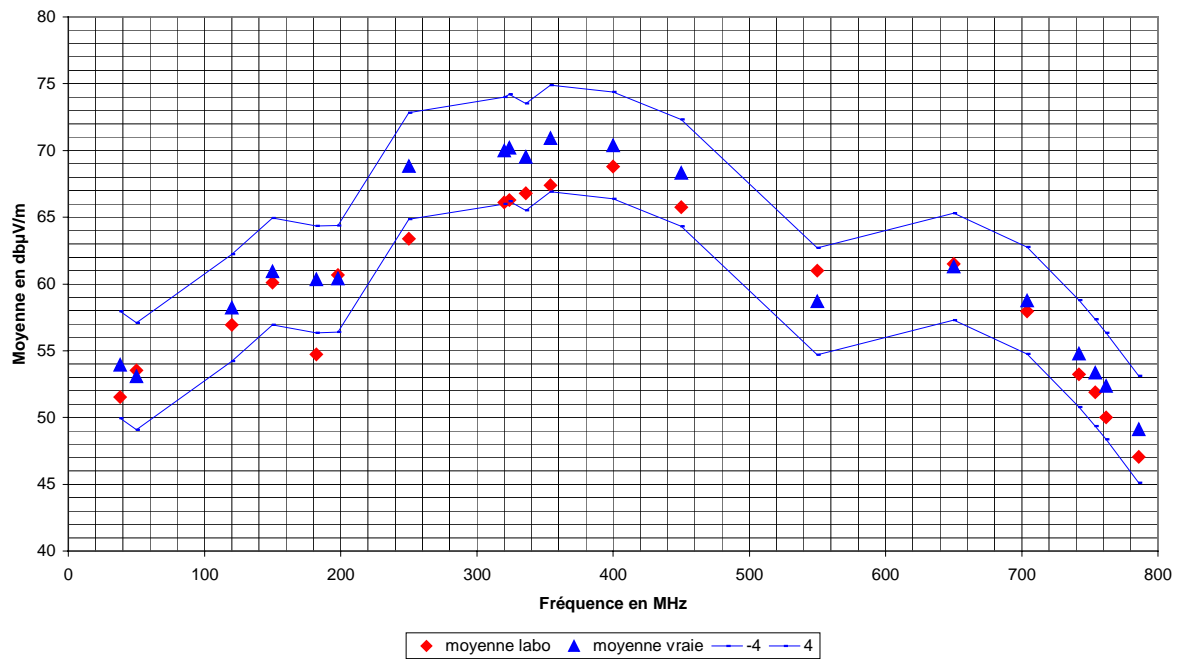


## 5.12 LABORATOIRE N°12

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

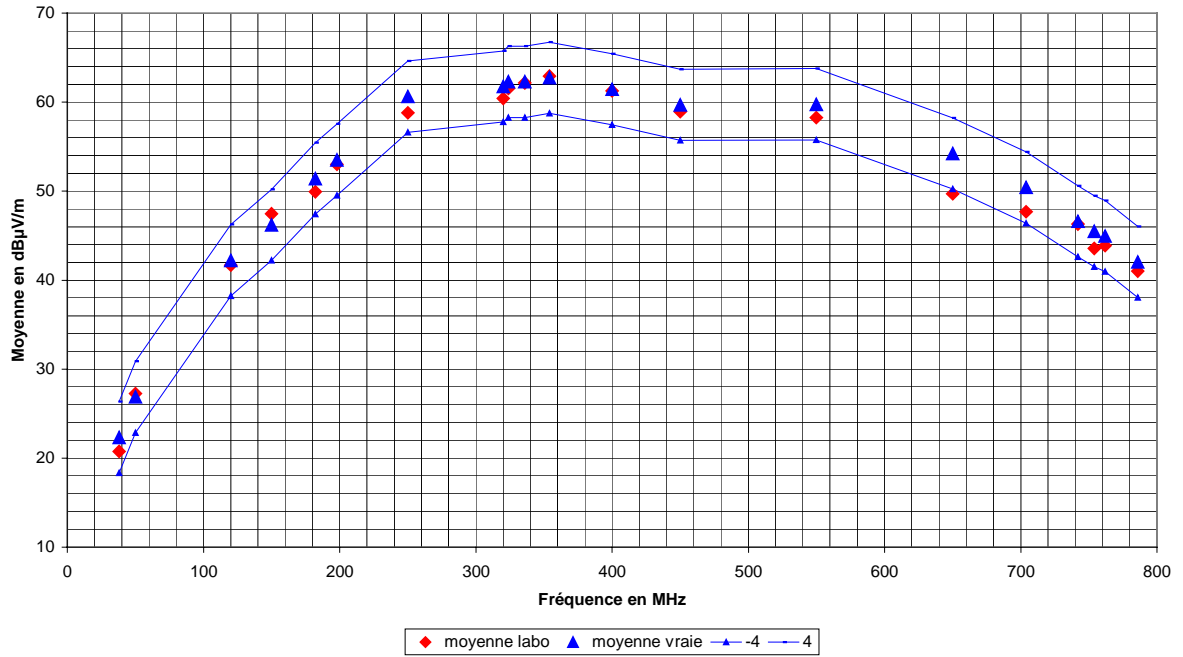


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

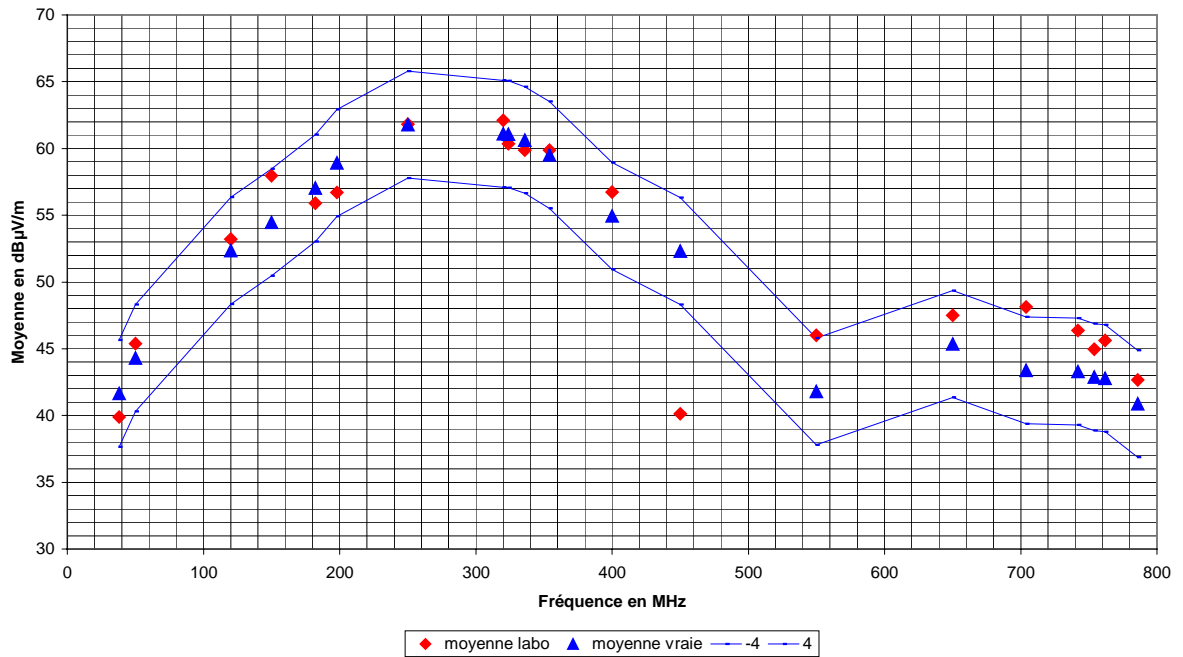


## 5.13 LABORATOIRE N°14

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

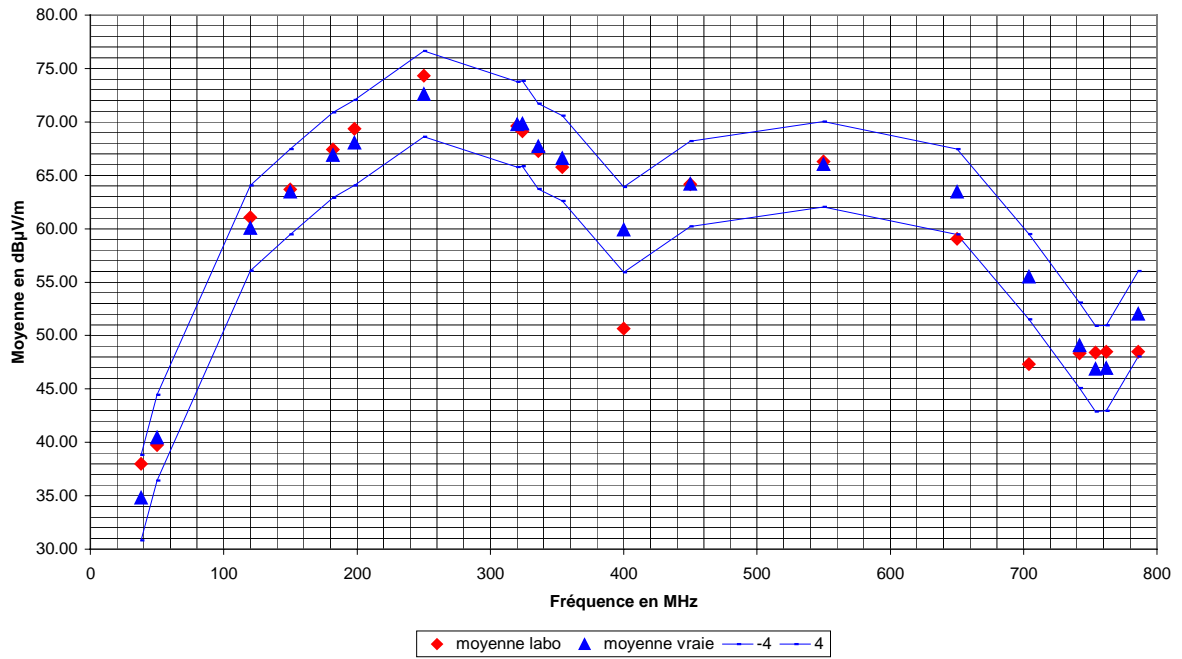


Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

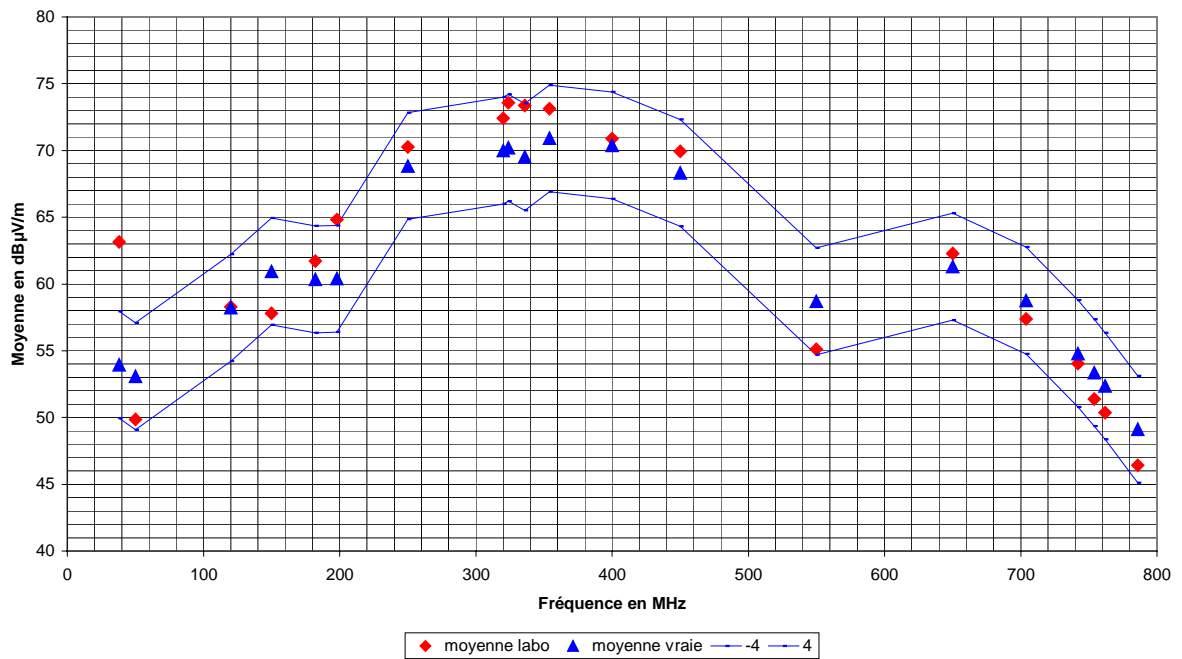


## 5.14 LABORATOIRE N°15

Positionnement /valeur vraie en polarisation horizontale

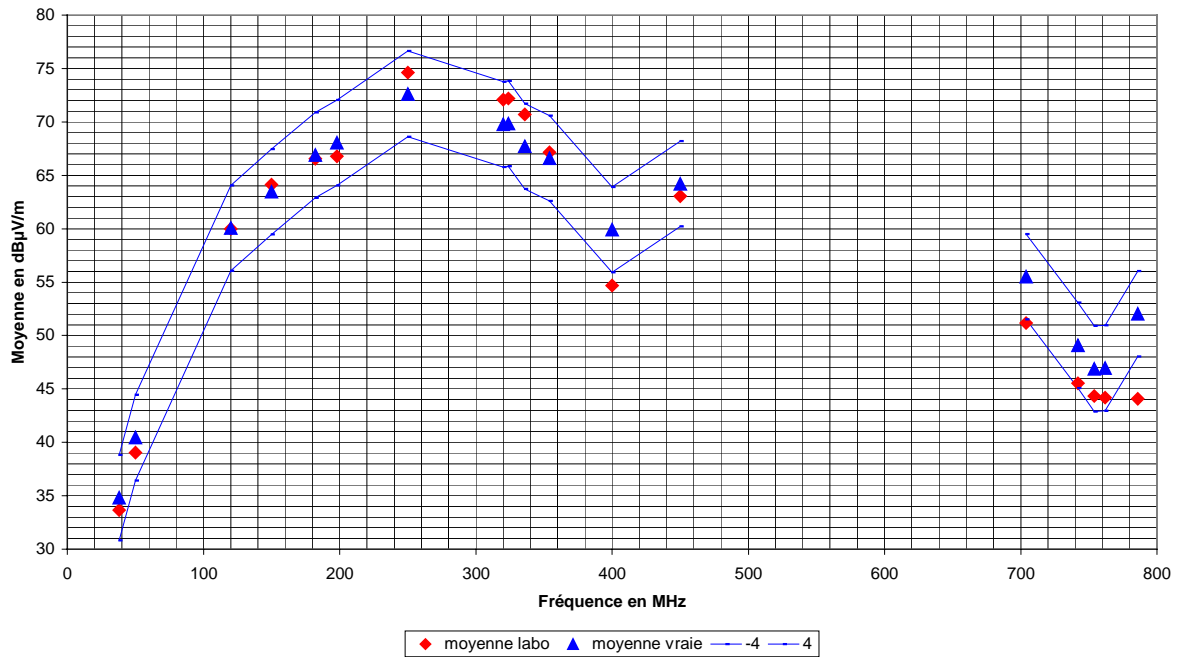


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

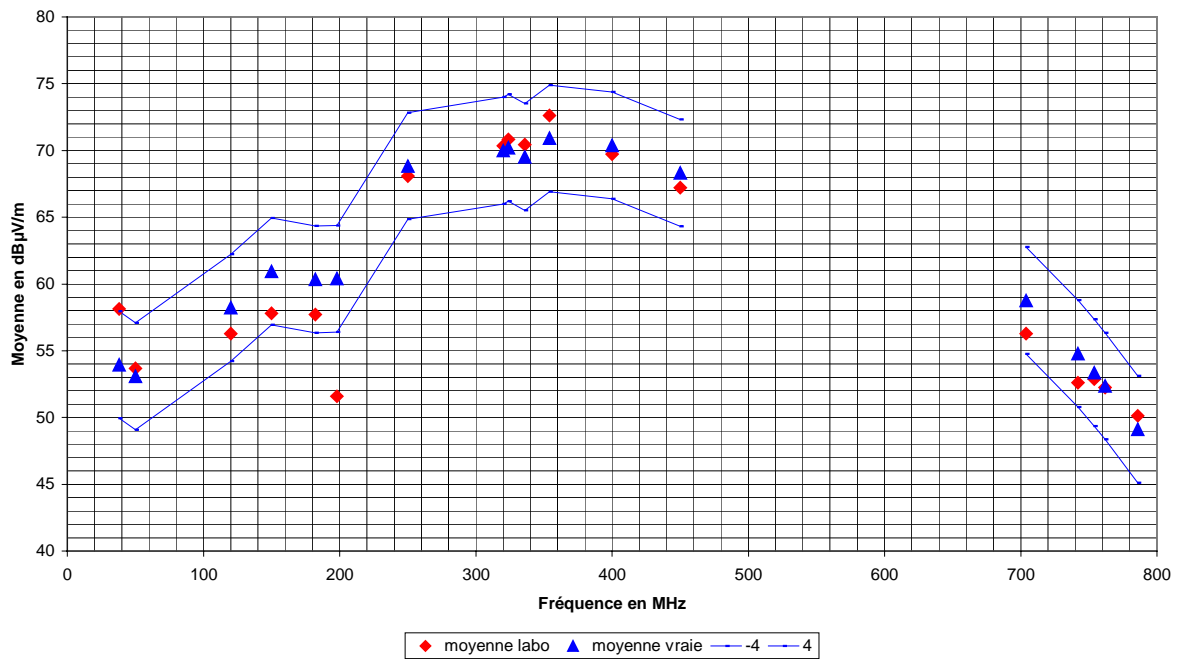


## 5.15 LABORATOIRE N°16

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

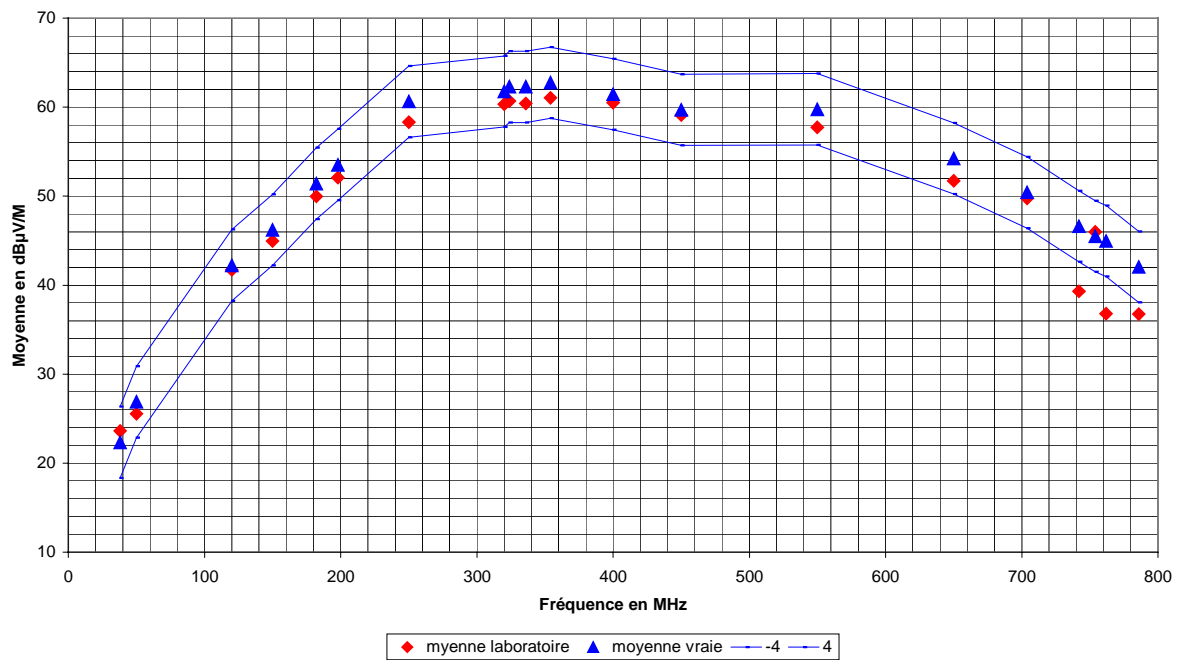


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

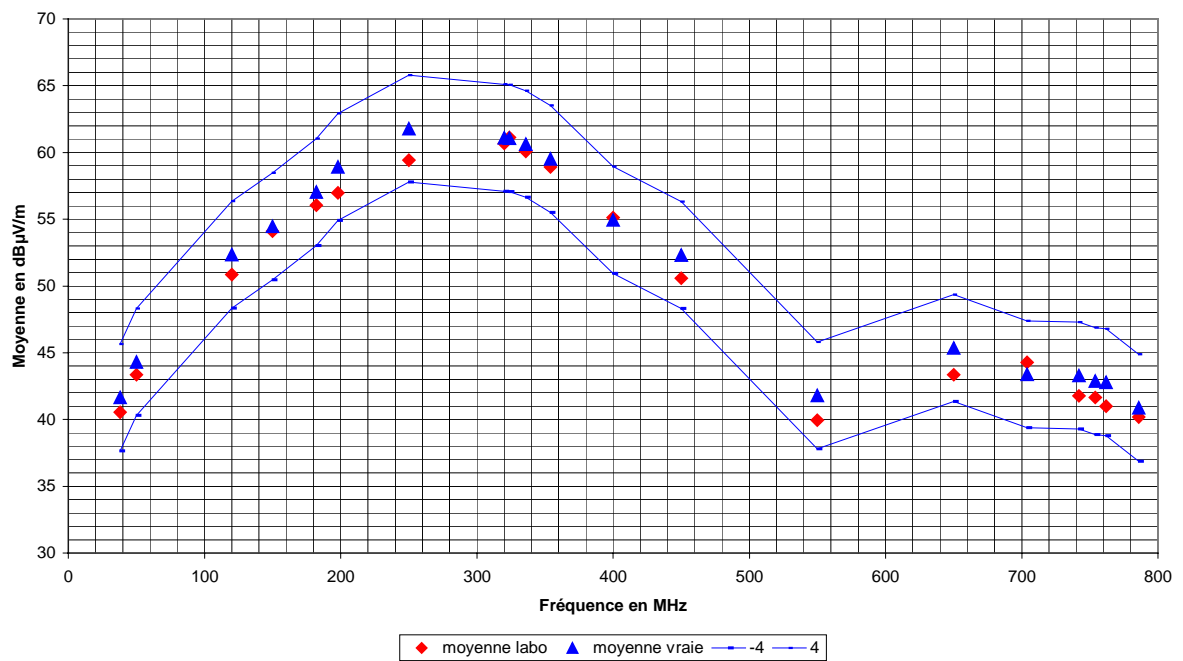


## 5.16 LABORATOIRE N°17

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

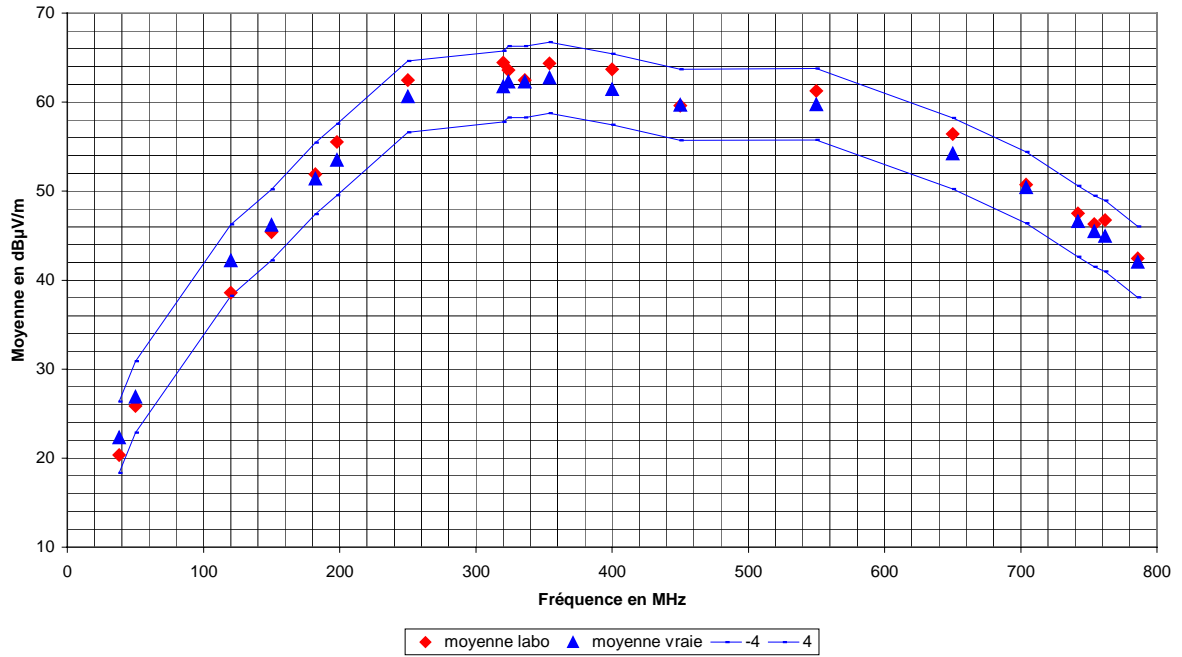


Positionnement / valeur vraie en polarisation verticale

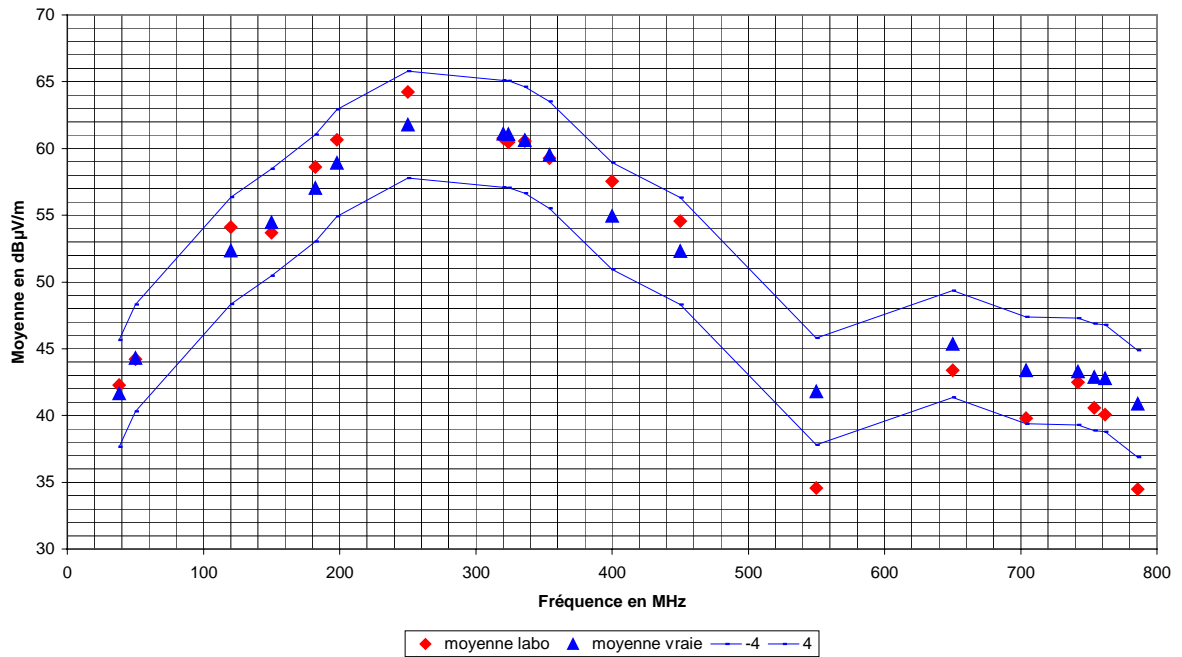


## 5.17 LABORATOIRE N°18

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

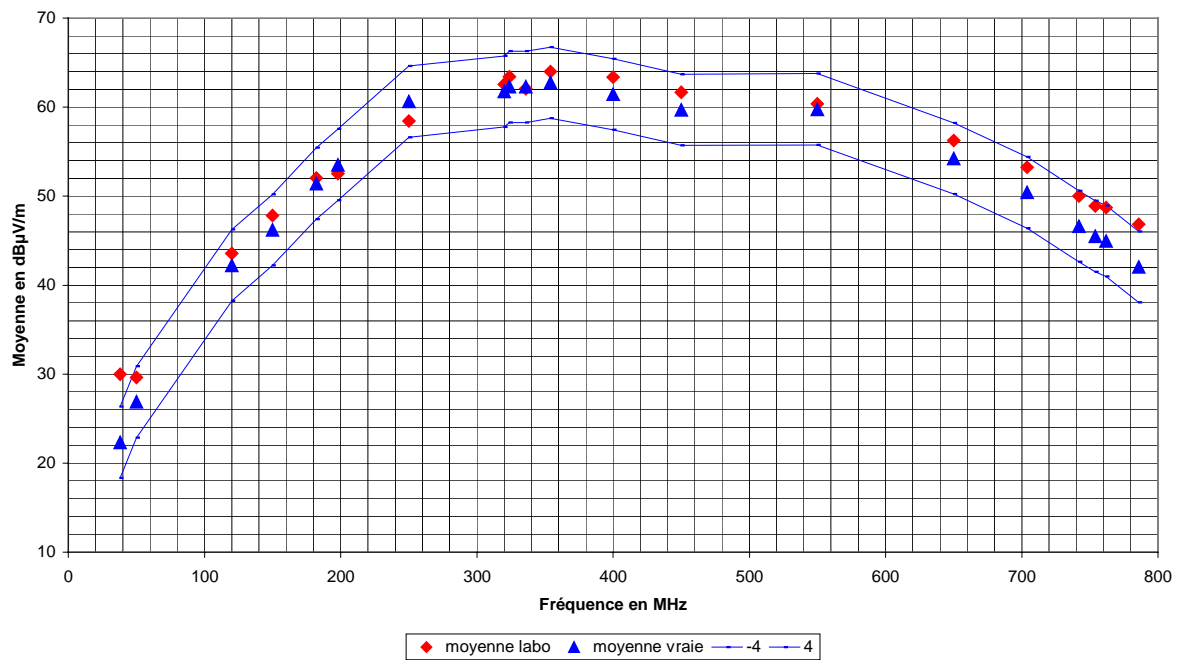


Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale

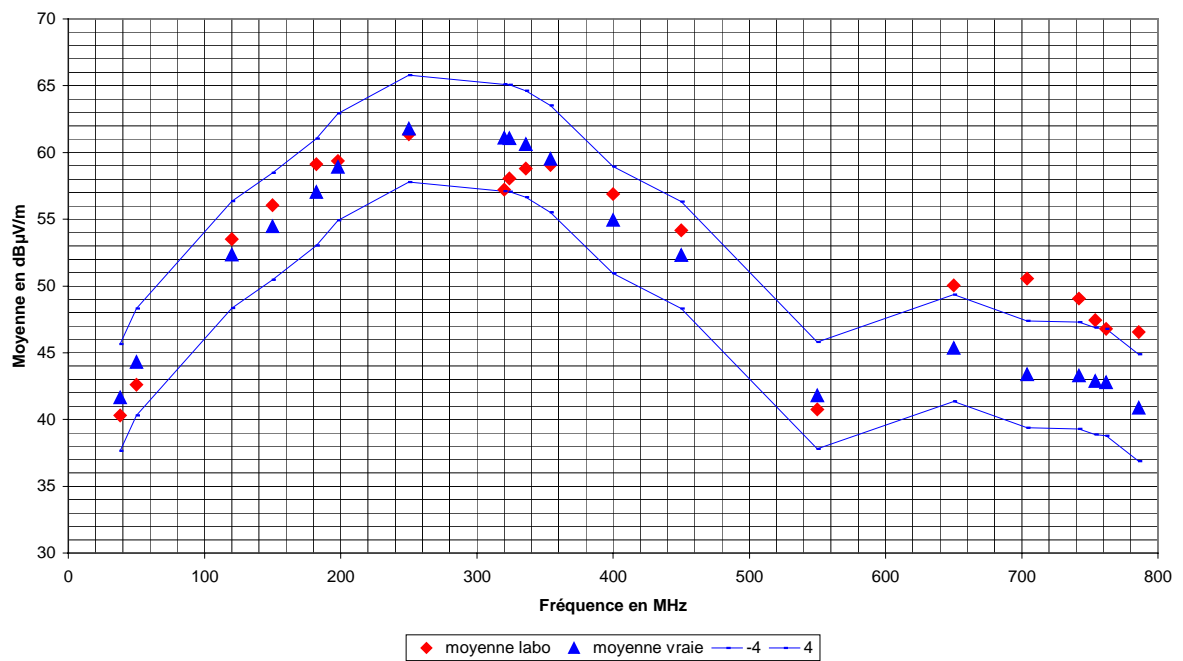


## 5.18 LABORATOIRE N°19

Positionnement / valeur vraie en polarisation horizontale



positionnement / valeur vraie en polarisation verticale





## **6. CONCLUSION**

L'INERIS a organisé et réalisé les essais d'intercomparaison des mesures de champ électromagnétique rayonné.

L'objectif de cette campagne était d'identifier les incertitudes relatives aux modes opératoires et aux équipements des différents laboratoires pour les essais réalisés selon la norme EN55022.

Le traitement statistique des données montre :

- que de nombreuses mesures sont supérieures à la tolérance de l'affaiblissement normalisé équivalent de  $\pm 4$  dB,
- qu'en supprimant les mesures qualifiées d'aberrantes ou isolées, on parvient à déterminer la valeur « vraie » du champ rayonné,
- qu'il est ainsi possible de connaître les écarts de chaque laboratoire par rapport à cette valeur « vraie ».

L'analyse des données a aussi mis en évidence que les écarts sont plus importants en basses fréquences pour les mesures en chambre anéchoïque et plus importants en hautes fréquences pour les mesures sur site libre.