

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



# Réduction du temps de mesures en chambre réverbérante

## EN CEI 61000-4-21 et DO160

Jean-François ROSNARHO

# Réduction du temps de mesures en chambre réverbérante

## SOMMAIRE

### Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

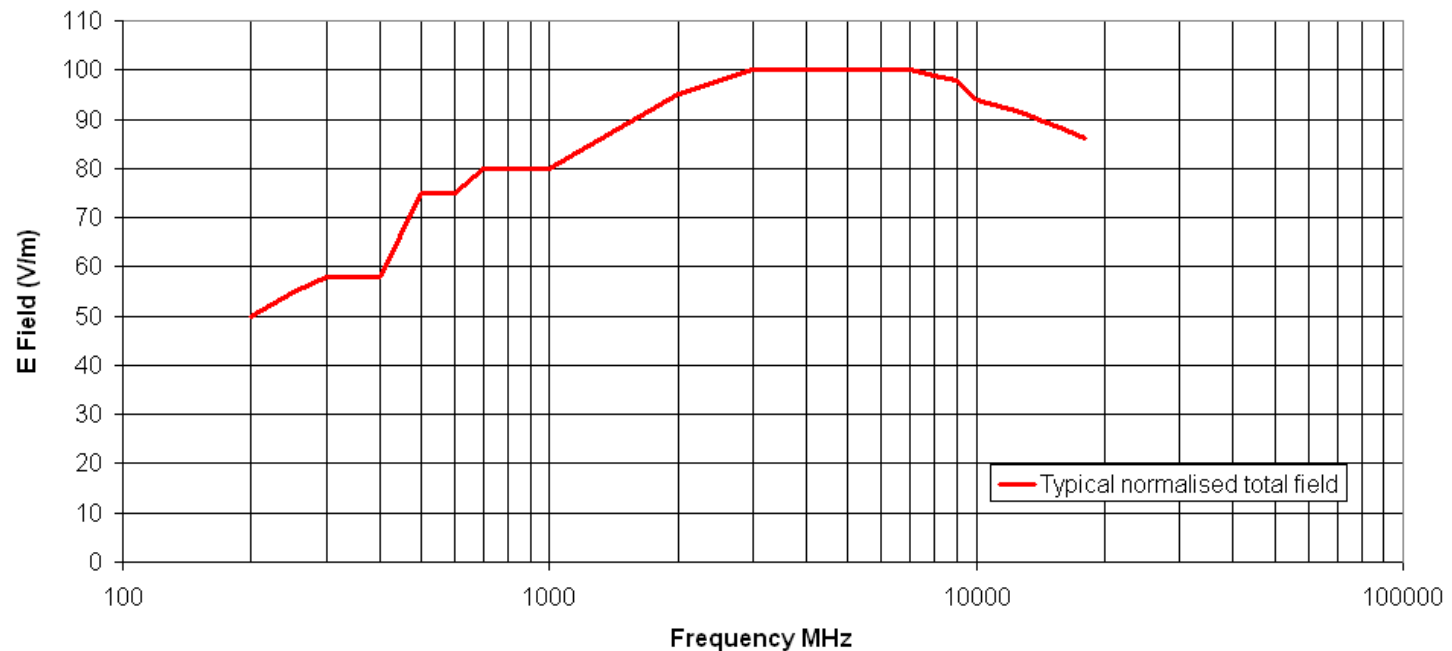
- Introduction et rappels
- Optimisation du nombre d'incrémentes et conséquence sur la mesure du CLF et sur le temps de l'essai
- Évolution de l'instrumentation
- Conclusion

# Rappels CRBM

Les atouts des CRBM par rapport aux autres moyens d'essais :

- Illumination de l'Équipement sous test sur ses 6 faces (essai plus exhaustif)
- Possibilité de réaliser des champs forts avec des puissances RF modestes

Normalised field (1 watt) according to DO160 standard  
for an aluminium MSRC EOLE200 with internal dimensions 4.84 x 3.62 x 3.11 m  
(Coaxial or wave guide loss not included, empty chamber)



[Introduction](#)

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

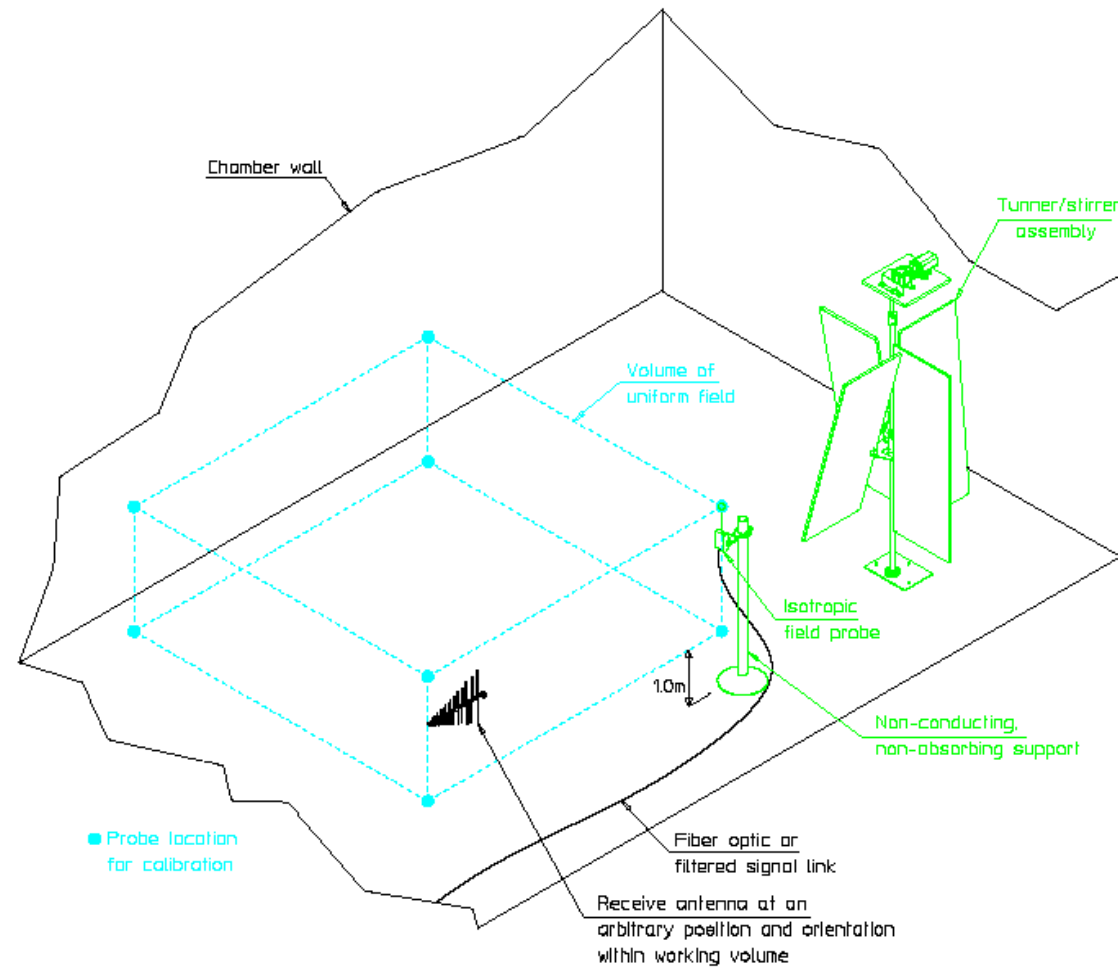
Conclusion



# Calibrage d'une CRBM - Rappels

Le calibrage du CRBM consiste :

- en la mesure de l'uniformité statistique du champ
- et l'étalonnage du niveau de champ



## Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



# Acquisition des valeurs de champs dans les 3 axes

Calcul du champ maximum moyen sur les 8 positions pour chaque axe x,y et z :

$$\langle \vec{E}_x \rangle_8 = (\sum \vec{E}_x) / 8$$

$$\langle \vec{E}_y \rangle_8 = (\sum \vec{E}_y) / 8$$

$$\langle \vec{E}_z \rangle_8 = (\sum \vec{E}_z) / 8$$

Calcul du champ maximum moyen sur tous les axes :

$$\langle \vec{E} \rangle_{24} = (\sum \vec{E}_{x,y,z}) / 24$$

## Calculs des écarts type

Calcul de  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\sigma_z$ ,  $\sigma_{24}$  et  $\sigma(\text{dB})$  :

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (\vec{E}_x - \langle \vec{E}_x \rangle_8)^2}{8-1}}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum (\vec{E}_y - \langle \vec{E}_y \rangle_8)^2}{8-1}}$$

$$\sigma_z = \sqrt{\frac{\sum (\vec{E}_z - \langle \vec{E}_z \rangle_8)^2}{8-1}}$$

$$\sigma_{24} = \sqrt{\frac{\sum (\vec{E} - \langle \vec{E} \rangle_{24})^2}{24-1}}$$

6 octobre 2009

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

## Un nombre d'acquisitions important

- Le nombre d'acquisition de valeurs de mesures dépend de :
- Du nombre de pas de brasseur (incrément)
  - Du nombre de points de fréquence (par décade)
  - De la largeur de la bande de fréquence couverte

Exemple :

Pas de brasseur : 50 pas de brasseur

Bande de fréquence : 200 MHz - 2 GHz

Nombre de points : 50 fréquences par décade

Norme EN 61000-4-21: 8 positions de sonde

Mesure du champ sur les 3 axes Ex, Ey et Ez

Mesure de la puissance injectée (antenne de génération de champ)

Mesure de la puissance reçue (antenne de réception)

Nombre d'acquisitions :  $50 \times 50 \times 8 \times 5 = 100\ 000$

6 octobre 2009

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



## Le temps de calibrage et de l'essai

- Le temps de **calibrage** de cette CRBM Eole200 est usuellement de **2 jours** (16 heures)
- Le temps de l'essai sur un Équipement sous test comprendra
  - 1) la mesure du facteur de charge : CLF
  - 2) le temps de l'essai de susceptibilité sur l'EST

Ces temps sont dépendants de nombreux paramètres et notamment :

- Du nombre d'incrément du brasseur
- Du nombre de points pris en compte pour l'évaluation de la charge (CLF)
- De la vitesse d'acquisition des mesures.

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

# Le nombre d'incrément du brasseur peut être réduit

## Extrait de l'EN61000-4-21

Tableau B.1 – Prescriptions d'échantillonnage

Gamme de fréquence	Nombre d'échantillons <sup>a</sup> recommandés pour l'étalonnage et l'essai	Nombre de fréquences <sup>b</sup> exigées pour l'étalonnage
$f_s$ à $3 f_s$ <sup>c</sup>	50	20
$3 f_s$ à $6 f_s$	18	15
$6 f_s$ à $10 f_s$	12	10
Supérieure à $10 f_s$	12	20 par décade

NOTE Le nombre minimal d'échantillons est 12.

<sup>a</sup> (i.e., positions indépendantes du brasseur ou intervalles)

<sup>b</sup> logarithmiquement espacées.

<sup>c</sup>  $f_s$  = fréquence de départ (voir A.3 pour la fréquence utilisable la plus faible).

Tableau B.2 – Prescriptions de tolérance pour l'uniformité du champ

Gamme de fréquence	Prescriptions de tolérance pour l'écart type
80 MHz à 100 MHz	4 dB <sup>a</sup>
100 MHz à 400 MHz	4 dB à 100 MHz décroissant linéairement à 3 dB à 400 MHz <sup>a</sup>
Supérieure à 400 MHz	3 dB <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Un maximum de 3 fréquences par octave peuvent dépasser l'écart type autorisé dans une proportion ne dépassant pas 1 dB de la tolérance exigée.

Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



# Optimisation du nombre de pas de brasseur

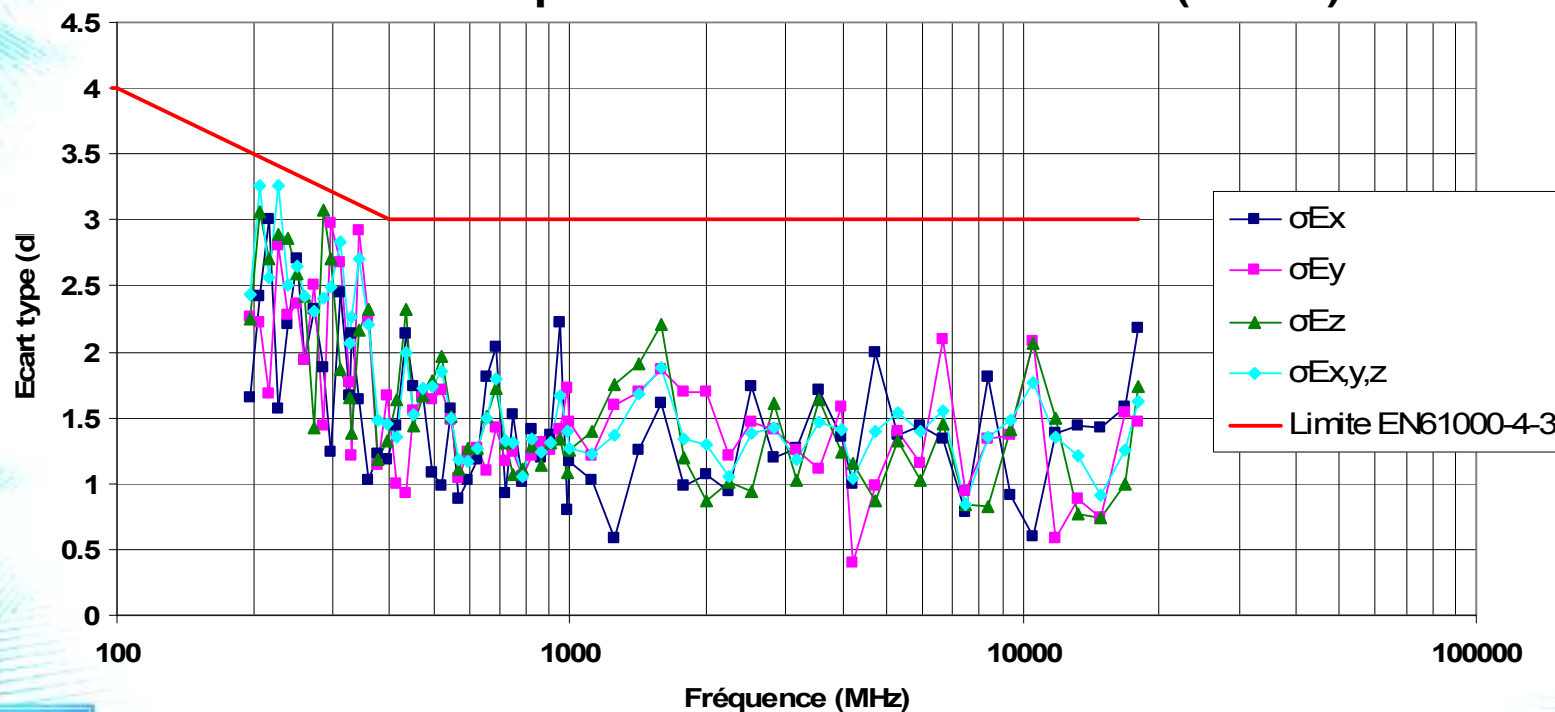
CRBM type Eole200

Eole Ecart type selon la norme EN61000-4-21

60 pas de brasseur de  $F_s$  à  $5 F_s$  (1 GHz)

36 pas de brasseur de  $5 F_s$  à  $21 F_s$  (4.2 GHz)

18 pas de brasseur de  $21 F_s$  à  $90 F_s$  (18 GHz)



Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

# Optimisation du nombre de pas de brasseur

CRBM type Eole200

Eole Ecart type selon la norme EN61000-4-21

30 pas de brasseur de Fs à 5 Fs (1 GHz)

18 pas de brasseur de 5 Fs à 21 Fs (4.2 GHz)

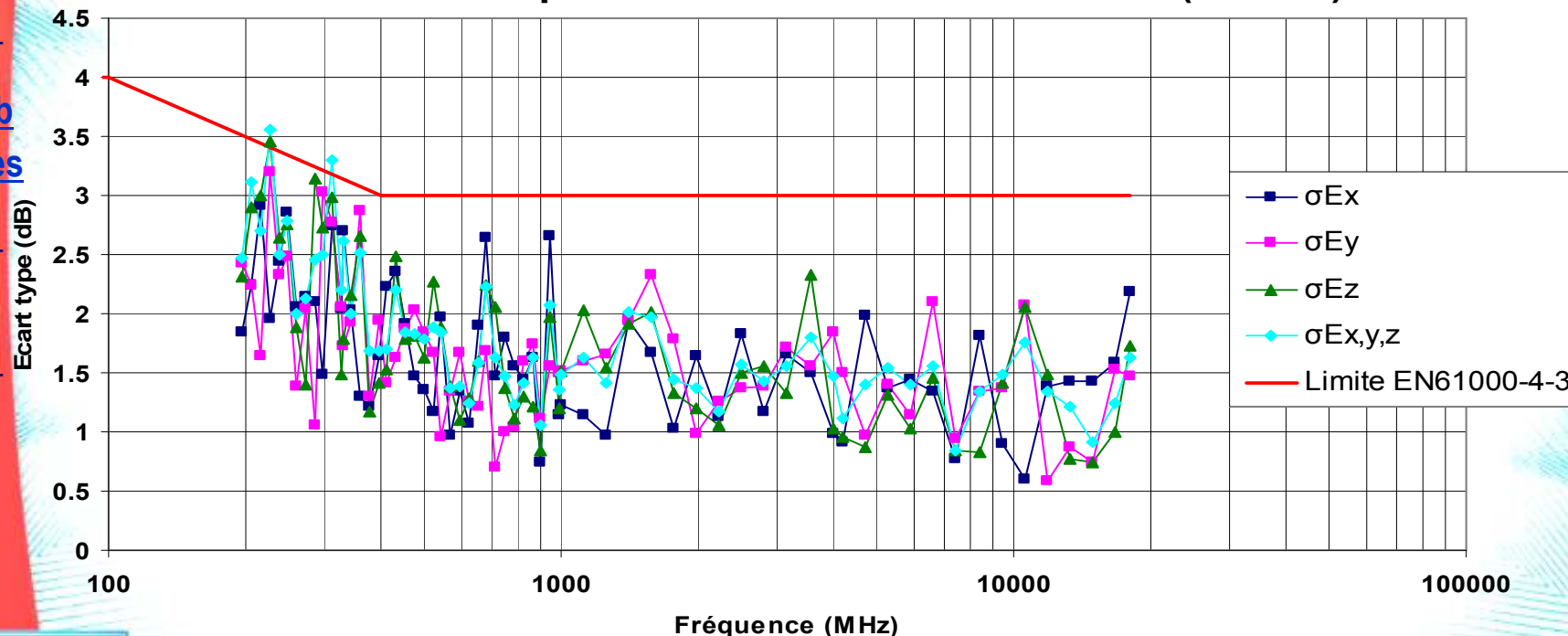
18 pas de brasseur de 21 Fs à 90 Fs (18 GHz)

Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



Nombre de pas de brasseur réduit par 2 entre Fs et 21 Fs

6 octobre 2009

# Optimisation du nombre de pas de brasseur

Selon l'EN61000-4-21

Tableau B.1 – Prescriptions d'échantillonnage

Gamme de fréquence	Nombre d'échantillons <sup>a</sup> recommandés pour l'étalonnage et l'essai	Nombre de fréquences <sup>b</sup> exigées pour l'étalonnage
$f_s$ à $3 f_s$ <sup>c</sup>	50	20
$3 f_s$ à $6 f_s$	18	15
$6 f_s$ à $10 f_s$	12	10
Supérieure à $10 f_s$	12	20 par décade

NOTE Le nombre minimal d'échantillons est 12.

<sup>a</sup> (i.e., positions indépendantes du brasseur ou intervalles)

<sup>b</sup> logarithmiquement espacées.

<sup>c</sup>  $f_s$  = fréquence de départ (voir A.3 pour la fréquence utilisable la plus faible).

Tableau B.2 – Prescriptions de tolérance pour l'uniformité du champ

Gamme de fréquence	Prescriptions de tolérance pour l'écart type
80 MHz à 100 MHz	4 dB <sup>a</sup>
100 MHz à 400 MHz	4 dB à 100 MHz décroissant linéairement à 3 dB à 400 MHz <sup>a</sup>
Supérieure à 400 MHz	3 dB <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Un maximum de 3 fréquences par octave peuvent dépasser l'écart type autorisé dans une proportion ne dépassant pas 1 dB de la tolérance exigée.

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



# Optimisation du nombre de pas de brasseur

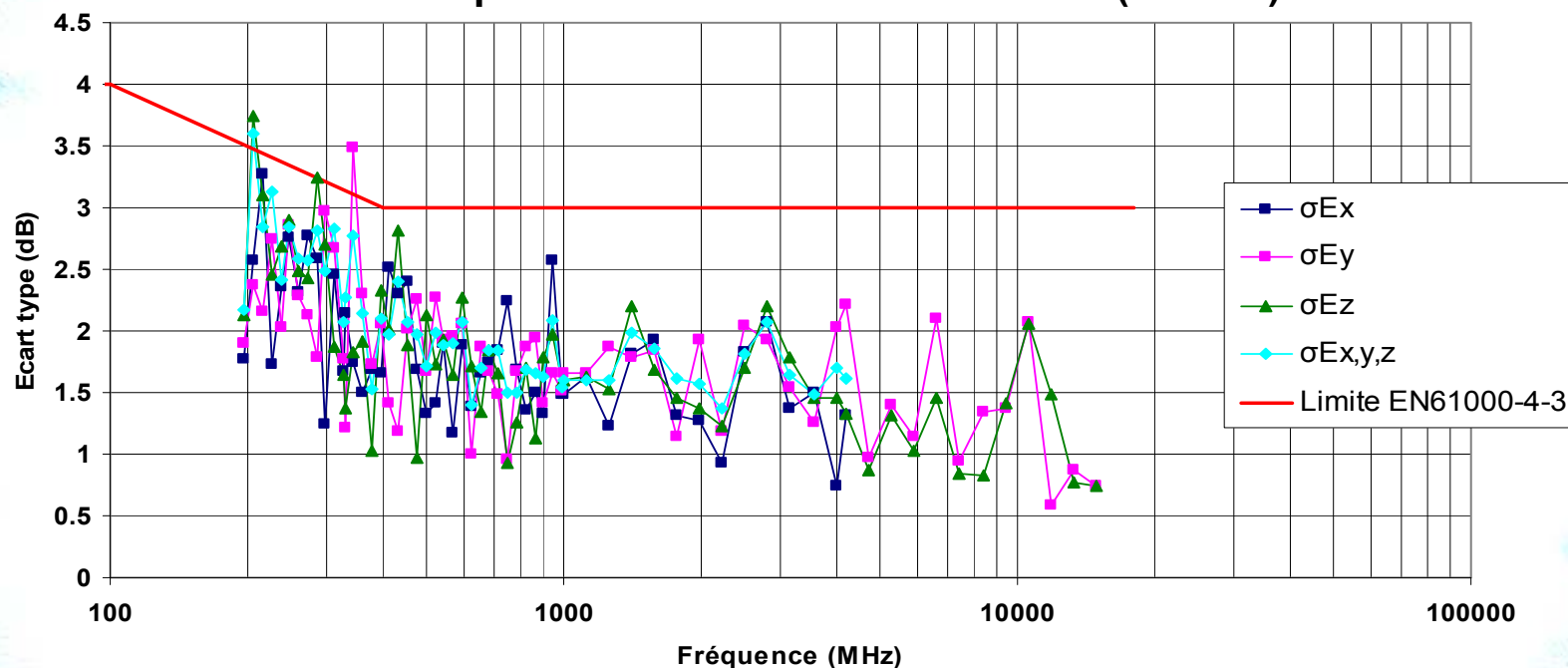
## CRBM type Eole200

Eole Ecart type selon la norme EN61000-4-21

20 pas de brasseur de  $F_s$  à  $5 F_s$  (1 GHz)

12 pas de brasseur de  $5 F_s$  à  $21 F_s$  (4.2 GHz)

18 pas de brasseur de  $21 F_s$  à  $90 F_s$  (18 GHz)



Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

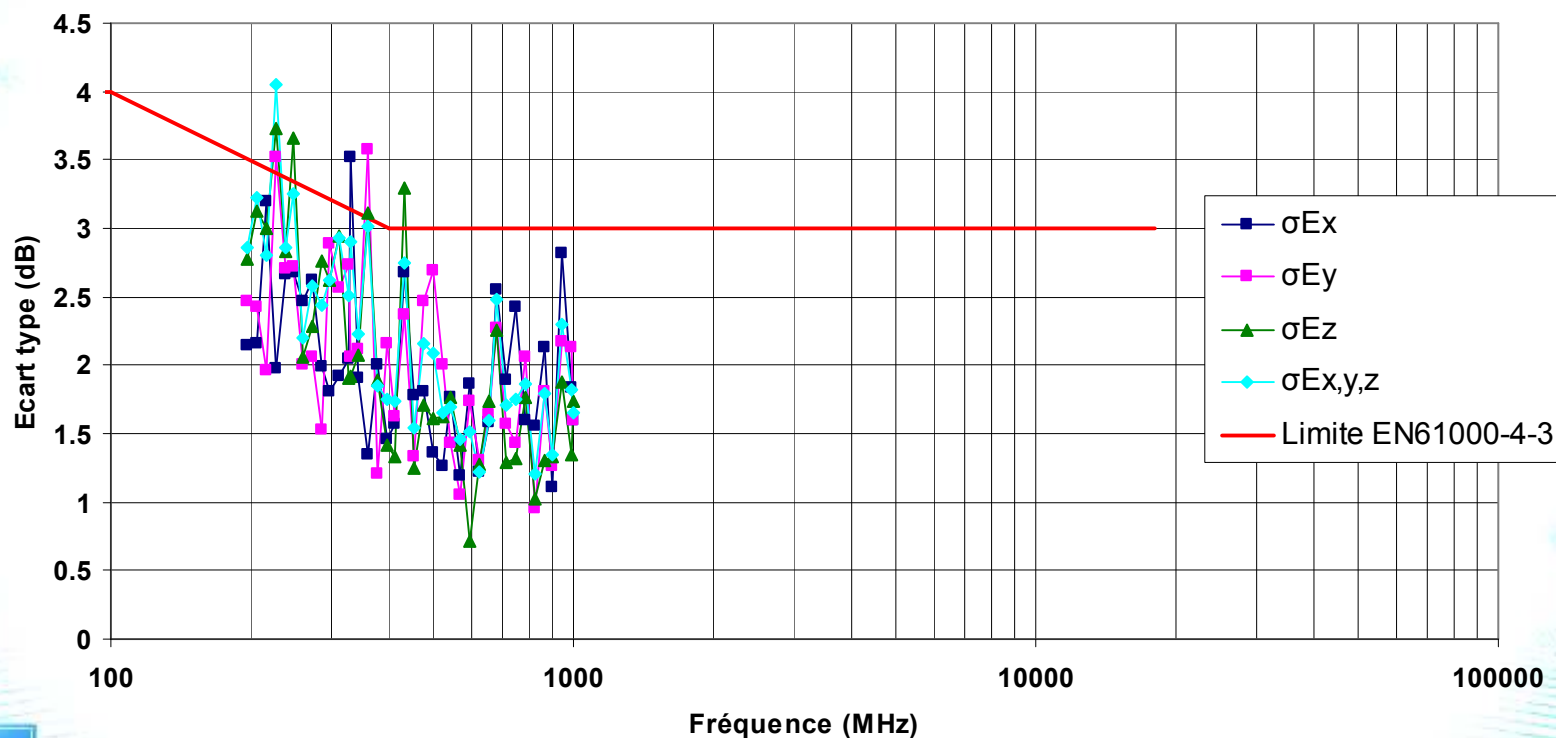
Nombre de pas de brasseur réduit par 3 entre  $F_s$  et  $21 F_s$

# Optimisation du nombre de pas de brasseur

CRBM type Eole200

Ecart type selon la norme EN61000-4-21

15 pas de brasseur de  $F_s$  à  $5 F_s$  (1 GHz)



Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



Une réduction trop importante ne permet plus le respect de la tolérance imposée par la normalisation

6 octobre 2009

# Optimisation du nombre de pas de brasseur

Cette optimisation est basée sur un nombre important d'échantillons lors du 1<sup>er</sup> calibrage.

Puis l'optimisation, est un simple traitement informatique.

Il n'est pas nécessaire de refaire les mesures de calibrage.

Etant donné que le nombre minimal de pas de brasseur est 12  
Il est préférable de réaliser un calibrage initial avec un nombre de pas de brasseur multiple de 12 soit : 24, 36, 48, 60, etc

A l'inverse le nombre de pas recommandé par la norme « 50 pas »  
n'est pas très avantageux :

la seule optimisation possible les 25 incréments

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



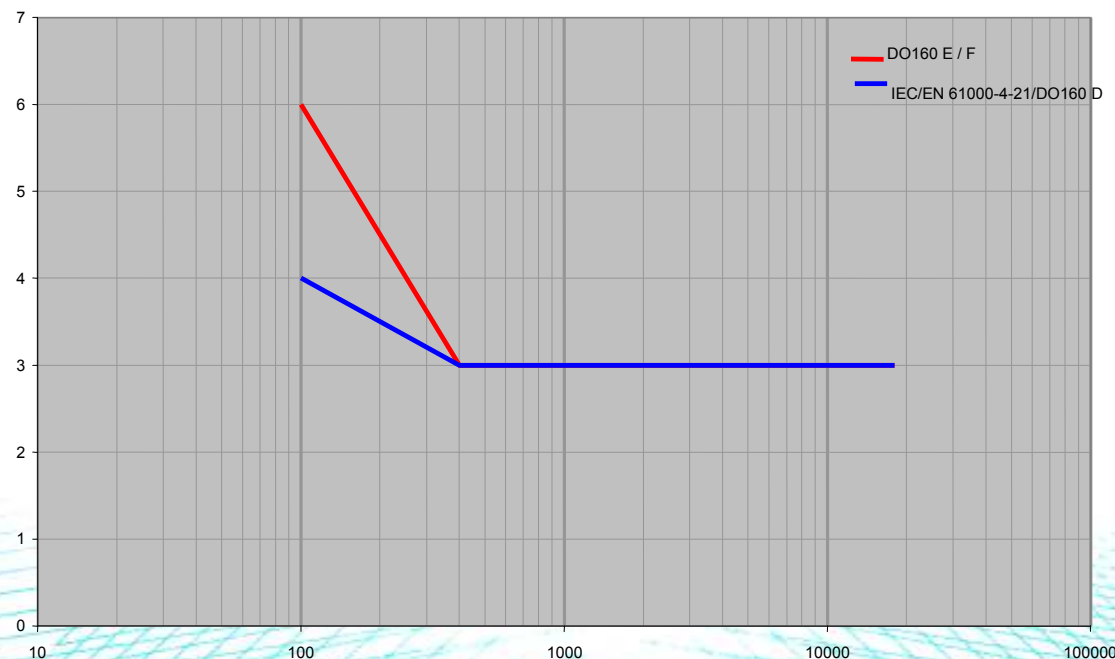
# Optimisation du nombre de pas de brasseur

- La version D de la **DO160** imposait un nombre minimal de pas de brasseur de : 12.
- Les versions suivantes E et F n'imposent rien.

Les tolérances sont différentes :

- au niveau du gabarit de l'écart type
- et des dépassements (2 fréquences par octave pour l'écart type des composantes)

Maximum authorized standard deviation for Statistically Uniform Field in MSRC



Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

# Optimisation du nombre de pas de brasseur

## Introduction

## Réduction du nb de pt de mesures

## Instrumentation

## Conclusion

- L'optimisation est en fait une réduction non systématique du nombre d'incrément du brasseur.
- Cette réduction d'incrément engendre une réduction du champ normalisé
- Et en conséquence une légère augmentation de la puissance est nécessaire pour atteindre le niveau de champ désiré
- Il en résulte une dégradation de l'uniformité d'environ **0.6 dB**

# Optimisation du nombre de pas de brasseur

- Avant chaque essai sur un équipement, il doit être procédé à la mesure du **Facteur de charge de la chambre** (Chamber Loading Factor CLF).
- Si le nombre d'incrément du brasseur a été réduit, ce temps sera d'autant réduit
- La détermination du CLF mérite plus d'une mesure pour être précis

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

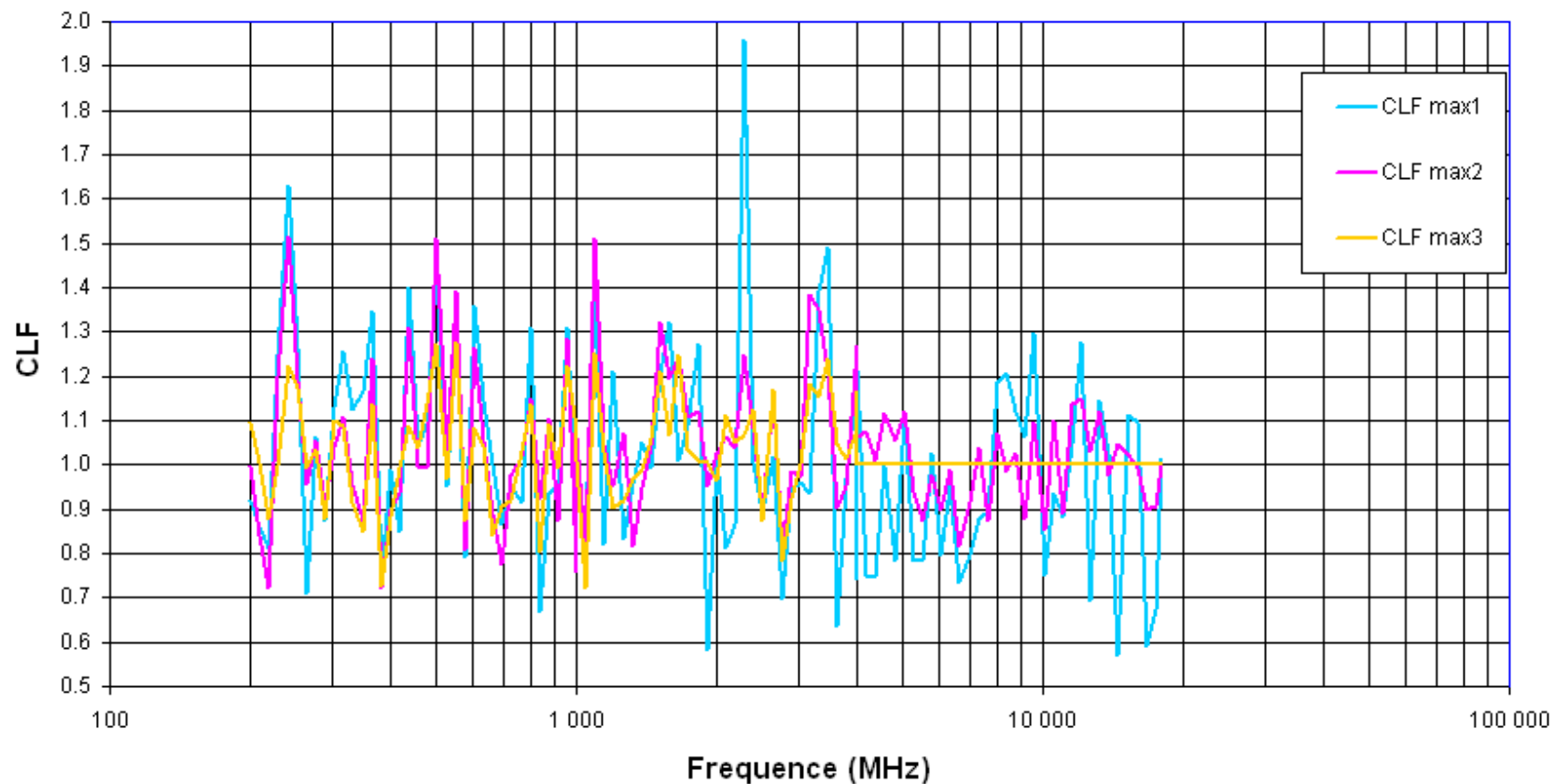
Instrumentation

Conclusion



# Optimisation du nombre de pas de brasseur

## Comparaison des CLF chambre vide



Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

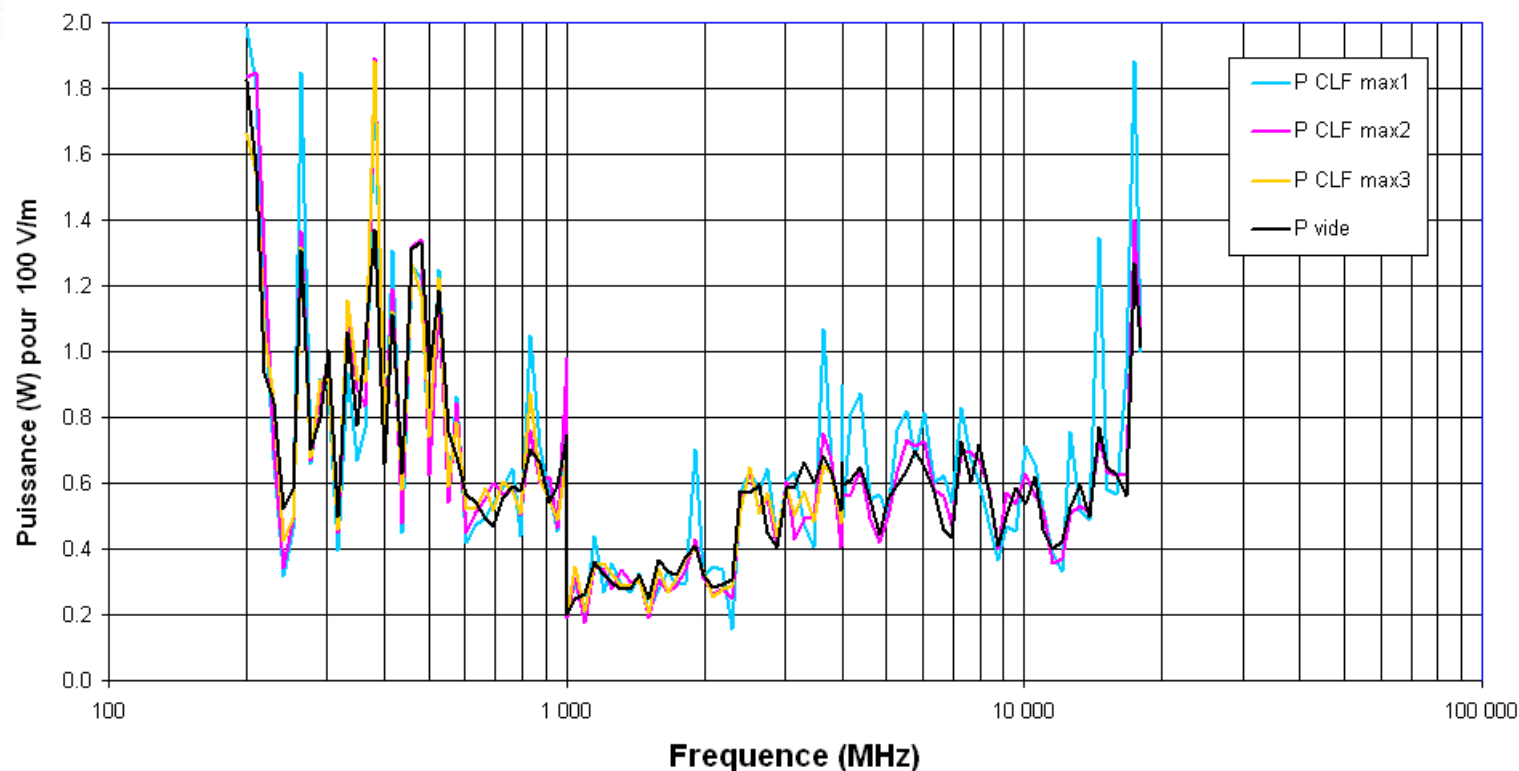


Détermination du CLF avec 1, puis 2, puis 3 positions de l'antenne de réception

6 octobre 2009

# Optimisation du nombre de pas de brasseur

## Comparaison des niveaux de puissance chambre vide



Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

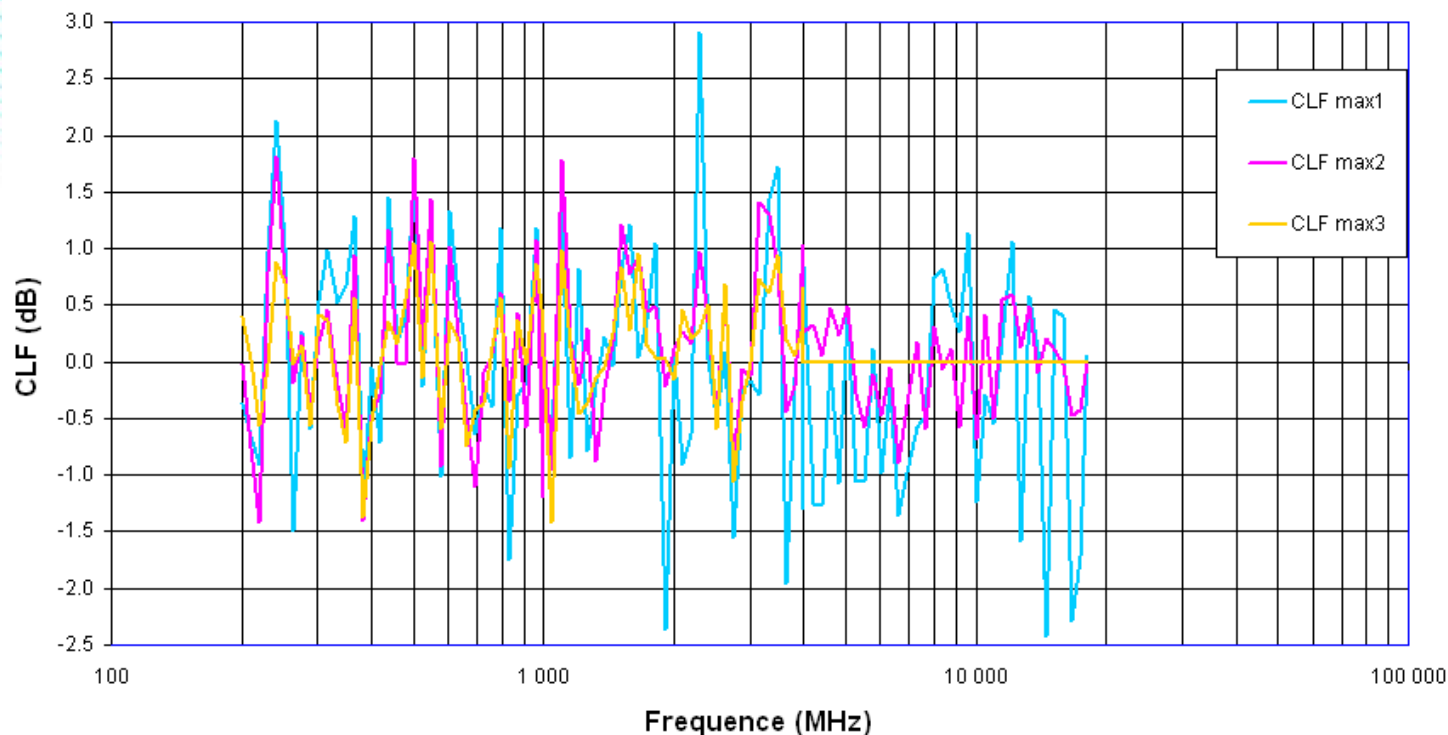


Détermination de la puissance incidente avec 1, puis 2, puis 3 positions de l'antenne de réception

6 octobre 2009

# Optimisation du nombre de pas de brasseur

## Comparaison des CLF chambre vide



Détermination du **CLF en dB** avec 1, puis 2, puis 3 positions de l'antenne de réception

Erreur maximale passe respectivement de 2.9 dB à 1.8 dB puis 1.4 dB  
Et enfin tend vers 0 dB pour le nombre de position max (3 ou 8).

Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



# Optimisation du nombre de pas de brasseur

1<sup>er</sup> bilan

L'amélioration de la précision de l'essai entre un CLF sur 1 et 3 positions de l'antenne de réception est d'environ 1.5 dB

La dégradation de l'uniformité en réduisant par 3 le nombre d'incrémentes est de 0.6 dB

Le bilan est positif avec une amélioration de la précision globale de l'ordre de 0.9 dB

Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

# Instrumentation de mesures

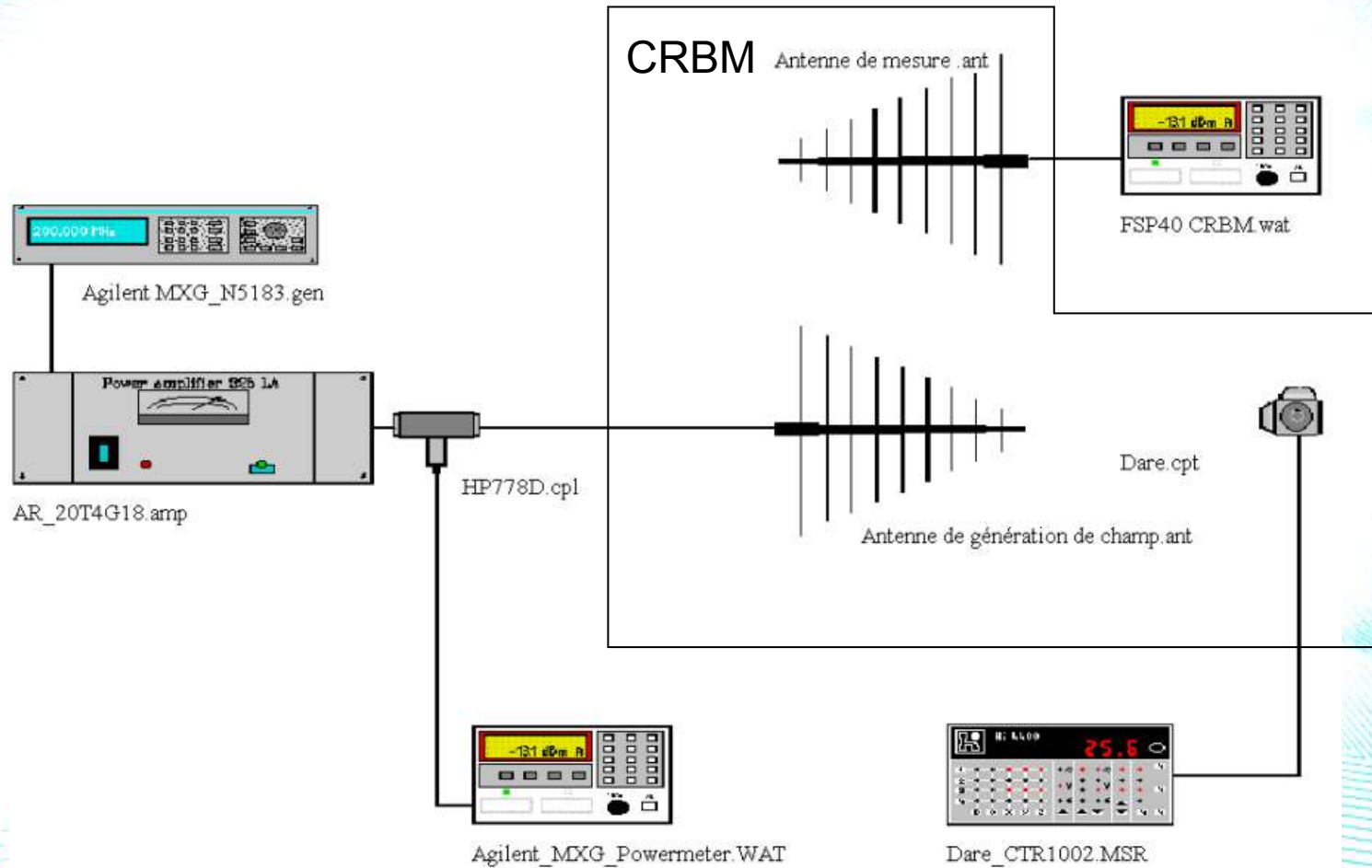
Une grande évolution de la rapidité des mesures ces dernières années

Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



Temps de calibrage d'une position de sonde de champ sur un tour de brasseur comprenant 60 incréments pour une décade (200 -2000 MHz)

Le temps de mesures pour des appareils dont la conception date de 5 ans est généralement :  $1H30 < T < 2H$

Avec une instrumentation plus récente on peut considérablement réduire le temps de mesures.

		Mode de poursuite
<b>Générateur</b>		Attente d'un SRQ
<b>Puissance injectée</b>	Sonde de puissance à diode	Attente : 10 ms
<b>Puissance reçue</b>	Analyseur de spectre	Attente : 30 ms
<b>Sonde de champ</b>	Sonde 3 axes	Attente : 10 ms

*Temps : 33 min 57 sec*

Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion





# Instrumentation de mesures

		Mode de poursuite
<b>Générateur</b>		Attente d'un SRQ
<b>Puissance injectée</b>	Sonde de puissance à diode	Attente : 10 ms
<b>Puissance reçue</b>	Sonde de puissance à diode (port USB du PC)	Attente : 10 ms
<b>Sonde de champ</b>	Sonde 3 axes	Attente : 10 ms
<b>Temps : 30 min 17 sec</b>		

		Mode de poursuite
<b>Générateur</b>		Attente d'un SRQ
<b>Puissance injectée</b>	Sonde de puissance à diode (port USB du PC)	Attente : 10 ms
<b>Puissance reçue</b>	Sonde de puissance à diode (port USB du PC)	Attente : 10 ms
<b>Sonde de champ</b>	Sonde 3 axes	Attente : 10 ms
<b>Temps : 24 min 36 sec</b>		

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesuresInstrumentation

Conclusion

# Instrumentation de mesures

		Mode de poursuite
<b>Générateur</b>		Attente d'un SRQ
<b>Puissance injectée</b>	Sonde de puissance à diode (port USB du PC)	Attente : 10 ms
<b>Puissance reçue</b>	Sonde de puissance à diode (port USB du PC)	Attente : 10 ms
<b>Sonde de champ</b>	Sonde Transmission simultanée des 3 axes	Attente : 10 ms

**Temps : 23 min 58 sec**

PC	USB2.0	Mode de poursuite
<b>Générateur</b>		Attente d'un SRQ
<b>Voie couplée</b>	Sonde de puissance à diode (port USB du PC)	Attente : 10 ms
<b>Puissance reçue</b>	Sonde de puissance à diode (port USB du PC)	Attente : 10 ms
<b>Sonde</b>	Sonde Transmission simultanée des 3 axes	Attente : 10 ms

**Temps : 20 min 30 sec**

Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion



# Conclusion

Le choix d'une instrumentation adéquat permet de gagner un temps considérable sur le calibrage d'une CRBM :  
5 fois moins de temps

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

**Conclusion**

Ce TEMPS GAGNE peut-être INVESTI dans un calibrage plus exhaustif :  
60 incréments de brasseur

- Optimisation du nombre d'incrément de brasseur peut permettre :
- de **réduire** par 3 le **temps de l'essai**
  - de prendre un peu de temps pour mesurer et calculer un **CLF plus précis**



# Conclusion

Pour une bande de fréquence 200 à 1000 MHz

Recommandation de la norme	Temps en minutes	Méthode optimisée	Temps en minutes	Gain en temps d'essai
Essai 50/60 pas de brasseur	240	Nb de pas de brasseur réduit par 3	80	
CLF 1 position	30	CLF 3 positions	30	
Temps total	270		110	<b>59%</b>

Amélioration de la précision globale de l'essai de l'ordre de 0.9 dB

**Réduction du temps d'essai & meilleure qualité d'essai**

Siepel

Michael Faraday's Heritage

6 octobre 2009

Introduction

Réduction du nb de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

# Réduction du temps de mesures en chambre réverbérante

## EN CEI 61000-4-21 et DO160

### Jean-François ROSNARHO

[jf.rosnarho@siepel.com](mailto:jf.rosnarho@siepel.com)

Contact commercial France

Stéphane Tanguy

[s.tanguy@siepel.com](mailto:s.tanguy@siepel.com)

6 octobre 2009

Introduction

Réduction du nb  
de pt de mesures

Instrumentation

Conclusion

