

# Gros amplis en Cage Semi Anéchoic? ou CRBM ?

*Huge amplifiers in Anechoic chamber  
or MSRC ?*

*Mircowave & RF 23 Mars 2017*

Vincent.Melchor@zodiacaerospace.com

**AFCEM**

Microwave  
& RF

MASTERING THE ELEMENTS

ZODIAC  
AEROSPACE



# Sommaire

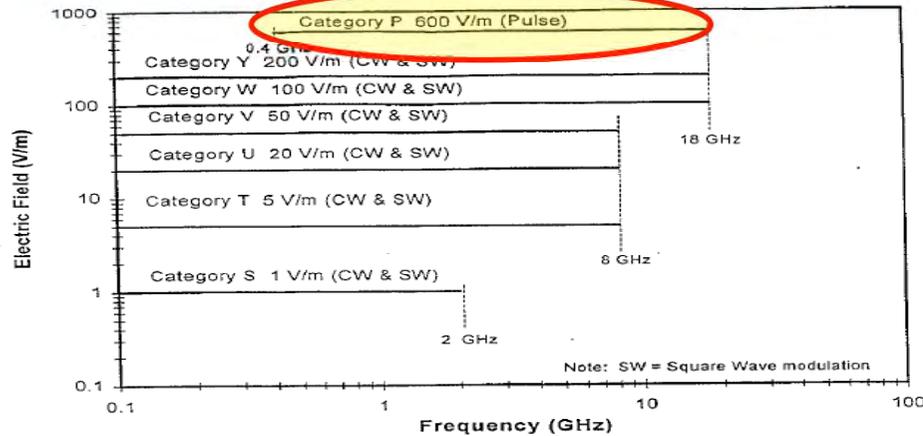
- Champs Forts l'évolution
- Comment fait on du champ électrique ?
- Comparaison P pour 200V/m ?
- Qualification jusqu'à la Cat L de 100MHz à 18GHz ?
- De l'équipement au système

# Champs Forts, l'évolution



Les systèmes essentiels aux avions doivent garantir un fonctionnement sans défaillance pendant toute la durée de vie de l'avion .  
Les avions plus électriques demandent des qualifications de plus en plus poussées en termes de bande de fréquence, et les niveaux demandés pour garantir la qualification aux champs forts (HIRF) sont de plus en plus élevés.

# Champs Forts, l'évolution



On est passé de 600V/m à la fin des années 90 à 7200V/m, pour la catégorie L de la DO160, dans la bande Hyper de 400MHz à 18GHz

ED SUSCEPTIBILITY TEST LEVELS VERSUS CATEGORY

Environment	Cat B (V/m)		Cat D (V/m)		Cat F (V/m)		Cat G (V/m)		Cat L (V/m)		Cat R (V/m)		Cat S (V/m)	Cat T (V/m)	Cat W (V/m)	Cat Y (V/m)
		PM		PM	SW/CW	PM	SW/CW	PM		PM	SW/CW	PM	SW/CW	SW/CW	SW/CW	SW/CW
100-200 MHz	20		25		50		100		200		20		1	5	100	200
200-400 MHz	20		25		50		100		200		20		1	5	100	200
400-700 MHz	20	150	20	175	25	350	50	700	200	730		150	1	5	100	200
700 MHz-1 GHz	20	150	25	175	50	350	100	700	240	1400		150	1	5	100	200
1-2 GHz	25	250	50	500	100	1000	200	2000	250	5000		150	1	5	100	200
2-4 GHz	25	375	50	750	100	1500	200	3000	490	6000		150		5	100	200
4-6 GHz	25	375	50	750	100	1500	200	3000	400	7200		150		5	100	200
6-8 GHz	25	150	50	250	100	500	200	1000	200	1100		150		5	100	200
8-12 GHz	38	375	75	750	150	1500	300	3000	330	5000					100	200
12-18 GHz	25	250	50	500	100	1000	200	2000	330	2000					100	200

2010 RTCA, Inc.

# Comment fait on du Champ Electrique ?



100 à 200MHz



1 à 18 GHz



200 à 1000MHz

# Comment fait on du Champ Electrique ?

## *Limitations de la méthode classique :*

On essaie reproduire les conditions d'espace libre et minimiser les réflexions, on utilise donc des absorbants **la majeure partie de la puissance RF est dissipée dans les parois des cages...**

Le champ électrique réalisable est lié à la distance de l'antenne, son gain et la puissance appliquée (en onde plane) :

$$E = \sqrt{30 * P * G} / D$$

**E** champ électrique en V/m

**P** puissance en W,

**G** gain linéaire de l'antenne

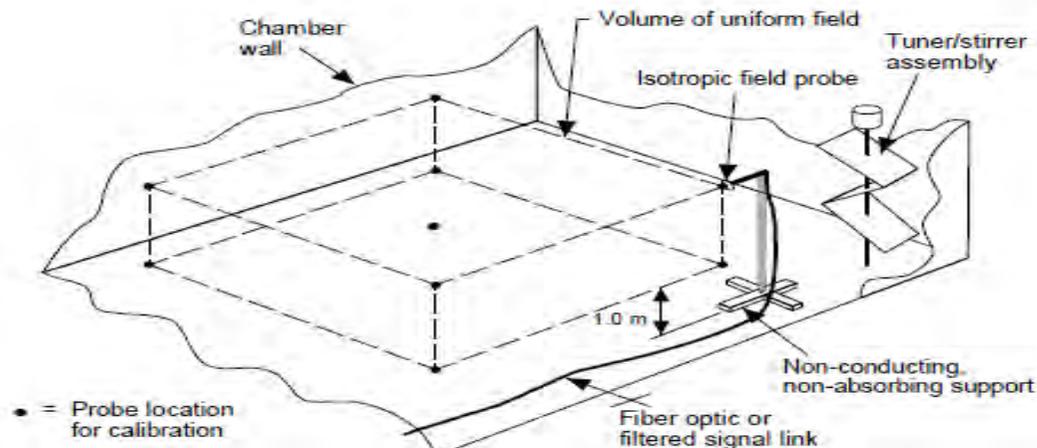
**D** distance en m

*À 100MHz du fait de la longueur d'onde on est en champ proche à cause des couplages parasites, avec une antenne biconique et 1kW on du mal à réaliser 100V/m !!!*

# Comment fait on du Champ Electrique ?

Méthode en Cage Réverberante à Brassage de modes :

*Afin de valider l'homogénéité du champ sur un tour de brasseur on réalise une calibration **chambre vide** à l'aide d'une sonde de champ triaxiale en neufs points pour garantir l'homogénéité du champ, de la fréquence d'utilisation la plus basse (LUF) à 10 fois cette fréquence. On obtient une courbe de champ normalisé pour 1W, une courbe d'écart type pour l'homogénéité du champ ce qui garantit **l'utilisation de la cage en CW**.*



# Comment fait on du Champ Electrique ?

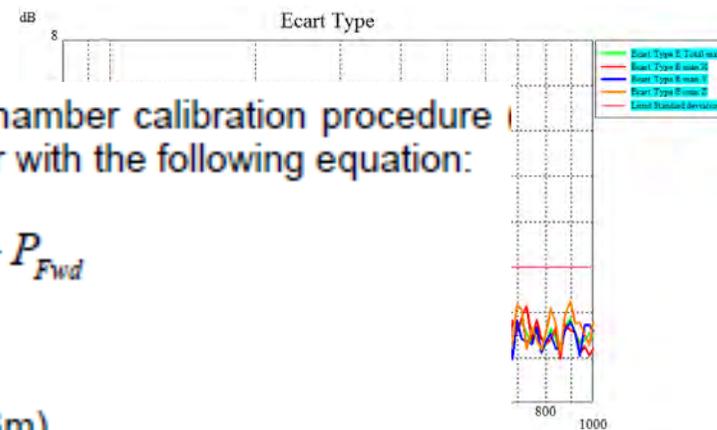
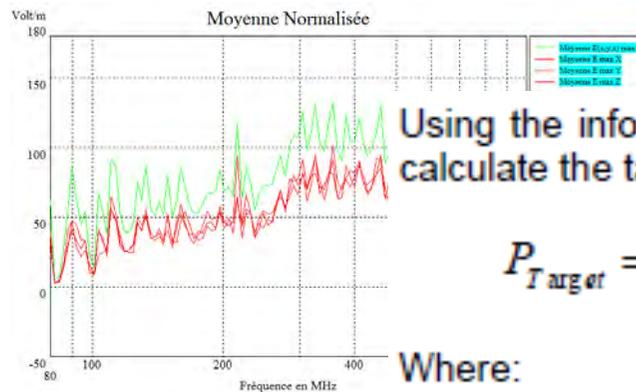
Méthode en Cage Réverberante à Brassage de modes :

*Une calibration avec l'équipement sous test installé est réalisée afin de définir la **puissance nécessaire** à réaliser le champ défini. La **constante de temps de la cage** peut être calculée d'après le calibration chambre vide (pire cas) ou cas d'après le calibration chambre pleine. Cette constante détermine la **durée de l'impulsion appliquée** en mode **pulsé** ce qui est le cas pour les champs (HIRF).*



# Comment fait on du Champ Electrique ?

Méthode en Cage Réverberante à Brassage de modes :



Using the information from the chamber calibration procedure calculate the target forward power with the following equation:

$$P_{Target} = 20 * \log\left(\frac{E_{desired}}{E_{max}}\right) + P_{Fwd}$$

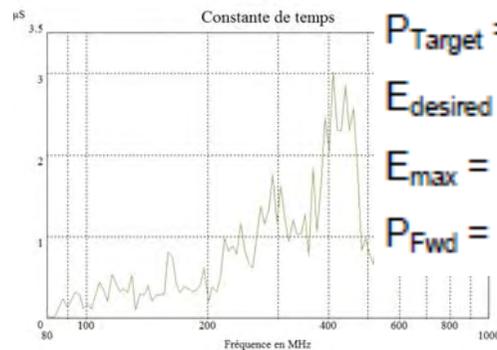
Where:

$P_{Target}$  = Target forward power (dBm)

$E_{desired}$  = Desired field strength inside the chamber (V/m)

$E_{max}$  = Field strength measured in section 20.6.2.b (V/m)

$P_{Fwd}$  = Forward power measured in section 20.6.2.b (dBm)



# Comment fait on du Champ Electrique ?

Méthode en Cage Réverbérante à Brassage de modes avantage:

*Comme on se trouve dans une **cavité résonante** on consacre l'essentiel de la puissance à la génération du champ. Les parois sont réfléchissantes en acier ou en aluminium. **Donc moins de puissance et plus de champ par rapport à la méthode classique.***

***On teste un volume, et on garantit l'homogénéité du champ et les modes excités sur un tour de brasseur pour chacune des fréquences explorées (calibrations):***

**On réalise un test en « 3D ».**



# Comment fait on du Champ Electrique ?

Méthode en Cage Réverbérante à Brassage de modes Limitation:

*La fréquence la plus basse utilisable dépend directement du nombre de modes qu'on est capable d'exciter, donc les dimensions physique de la cavité.*

***Plus on veut aller bas plus il faut une grande cage.***

***Plus le volume utile sera grand moins la densité de puissance sera élevée, donc le champ électrique sera diminué.***

***Plus l'équipement sous test absorbera de l'énergie RF, plus il sera nécessaire d'augmenter la puissance. On le découvre lors de la calibration chambre pleine !!!***

# Comparaison P pour 200V/m ?

Fréquence (MHz)	Cage classique puissance(W)	Eole 80 puissance(W)	Eole 200 Mod. puissance(W)	Eole 1000 puissance(W)	Eole 80 V/m pour 1W	Eole 200 Mod. V/m pour 1W	Eole 1000 V/m pour 1W
400	473.08	16.00	7.72	<i>Non Utilisable</i>	50	72	<i>LUF dépassé</i>
1000	319.84	11.37	7.21	1.31	59.32	74.5	175
6000	211.32	16.00	7.11	1.00	50	75	200
18 000	66.82	204.08	16.00	1.52	14	50	162

Comme présenté plus haut la méthode par illumination nécessite des puissances importantes.

# Qualification jusqu'à la Cat L de 100MHz à 18GHz ?

Fréquence (MHz)	Cat L Champ (V/m)	Eole 80 puissance(W)	Eole 200 Mod. puissance(W)	Eole 1000 puissance(W)	Eole 80 V/m pour 1W	Eole 200 Mod. V/m pour 1W	Eole 1000 V/m pour 1W
400-700	730	213.16	102.80	<i>Non Utilisable</i>	50	72	<i>LUF dépassé</i>
700-1000	1400	967.90	367.80	<i>Non Utilisable</i>	45	73	<i>LUF dépassé</i>
1000-2000	5000	7104.57	4504.30	816.33	59.32	74.5	175
2000-4000	6000	12815.95	6574.14	1111.11	53	74	180
4000-6000	7200	28036.78	9216.00	1436.01	43	75	190
6000-8000	1100	756.25	597.53	30.25	40	45	200
8000-12 000	5000	127551.02	10000.00	625.00	14	50	200
12 000-18 000	2000	20408.16	1600.00	123.46	14	50	180

Pour réaliser un test en cat L nous avons besoin d'utiliser l'Eole 200 modifiée et l'Eole 1000 avec un amplificateur de 2kW pulsé.

# Qualification jusqu'à la Cat L de 100MHz à 18GHz ?



CRBM Moyenne



Petite CRBM



Grande CRBM

# De l'équipement au système

EOLE  
80  
Niort  
30V/m  
for 1W

EOLE  
200  
Montreuil  
70V/m  
for 1W

Eole 1000  
Montreuil  
200V/m for  
1W

Current standard models of reverberation chambers are characterized by their lowest usable frequency (LUF)

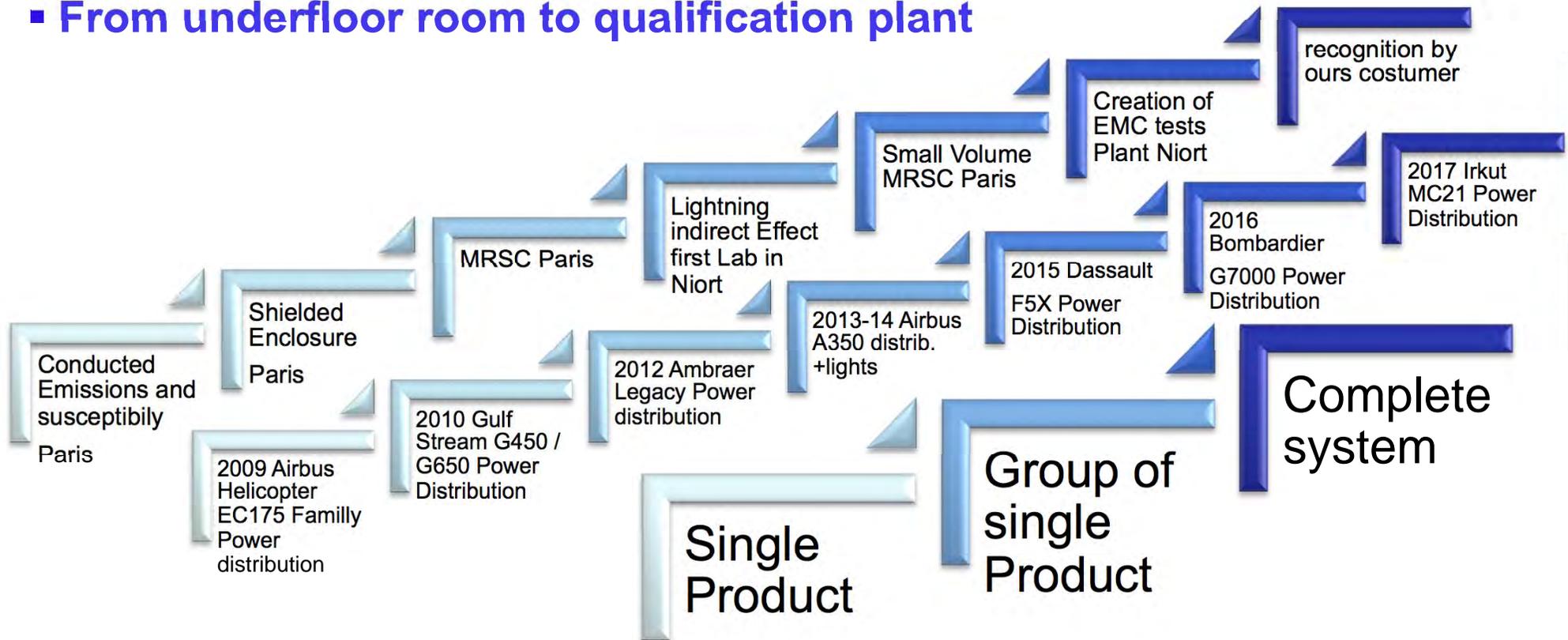
	SIEPEL STANDARD MODELS*			
	EOLE 80	EOLE 200	EOLE 400	EOLE 1000
Lowest Usable Frequency (LUF)	≥ 80 MHz	≥ 200 MHz	≥ 400 MHz	≥ 1000 MHz
Working volume	4.10 x 3.30 x 2.00 m	2.72 x 1.69 x 2.11 m	2.66 x 1.25 x 1.36 m	0.72 x 0.56 x 0.40 m
External dimensions (incl. stiffeners)	9.51 x 6.80 x 5.40 m	4.88 x 3.76 x 3.23 m	3.45 x 2.52 x 2.90 m	1.02 x 0.86 x 1.28 m
Internal dimensions	9.30 x 6.10 x 4.96 m	4.84 x 3.72 x 3.11 m	3.41 x 2.48 x 2.86 m	0.98 x 0.82 x 1.24 m

\*Customized models available upon request (for larger EUT size, other LUF ...)

*It's cheaper to invest into chambers than amplifiers*

# De l'équipement au système

## ■ From underfloor room to qualification plant



# Questions ?

*Crédits:*

*DO160/ EUROCAE ED14 G*

*DO160/ EUROCAE ED14 D*

*Photos Airbus, Bombardier*