



# Qualifications aux champs Forts des Systèmes Aéronautiques

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

L'évolution de la structure des avions de l'aluminium vers le carbone a bouleversé les règles de design en matière de compatibilité électromagnétique (CEM) des avions.

En effet, le carbone bien qu'offrant une multitude d'avantages dans le domaine mécanique n'est qu'un piètre conducteur, et présente une atténuation de blindage bien moindre que l'aluminium.

Ceci associé a amené des évolutions normative conséquences en termes de niveaux applicables pour la qualification des équipements.

Que ce soit en foudre indirecte ou en susceptibilité aux champs radioélectriques.

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

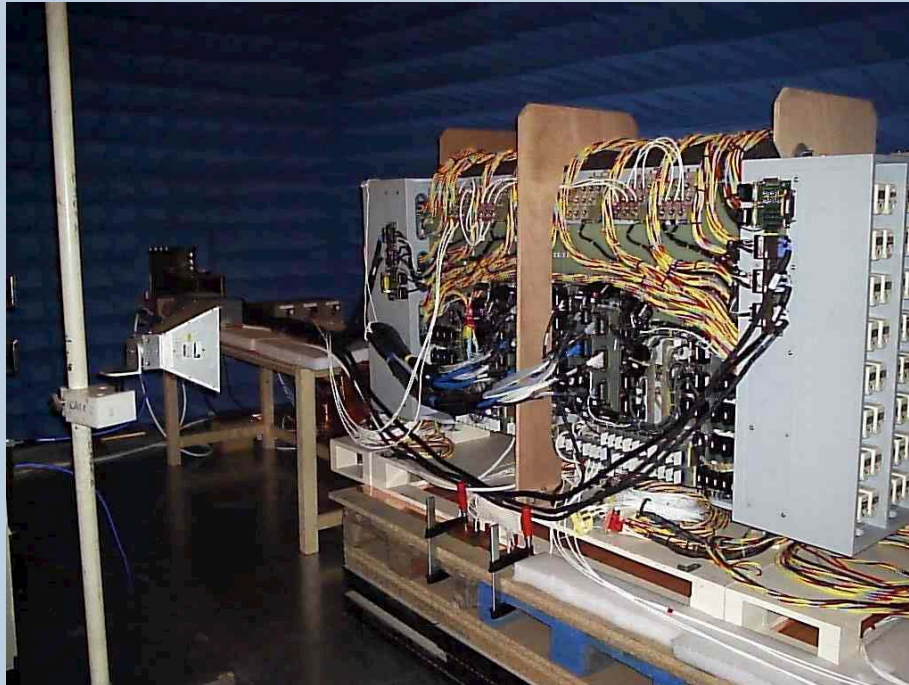
*30 V/m dans les années 90, maintenant jusqu'à 7200V/m en pulsé...*

**TABLE 20-3 RADIATED 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

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

## *Limitations de la méthode par illumination*



$$E = \frac{\sqrt{30PG}}{d}$$

***Il faut multiplier par 4 la puissance pour doubler le champ, donc les kilo€...***

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

## *Cage Réverbérante à Brassage de Modes (CRBM) pour quoi ?*

- En cage classique semi anéchoïque les absorbants consomment la majeure partie de la puissance, on ne teste qu'une face.
- En CRBM, la plus grande partie de puissance sert à tester l'équipement, on teste toutes les face simultanément.
- Les pertes sont les câbles, le ROS des antennes, et l'absorption des parois et du brasseur.

***Une CRBM se caractérise par le champ obtenu pour 1 W à l'antenne.***



# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

***Comment le champ se quantifie par rapport à la Puissance dans une CRBM ?***

La puissance est évaluée par rapport à la calibration chambre vide pour 1W de puissance à l'antenne.

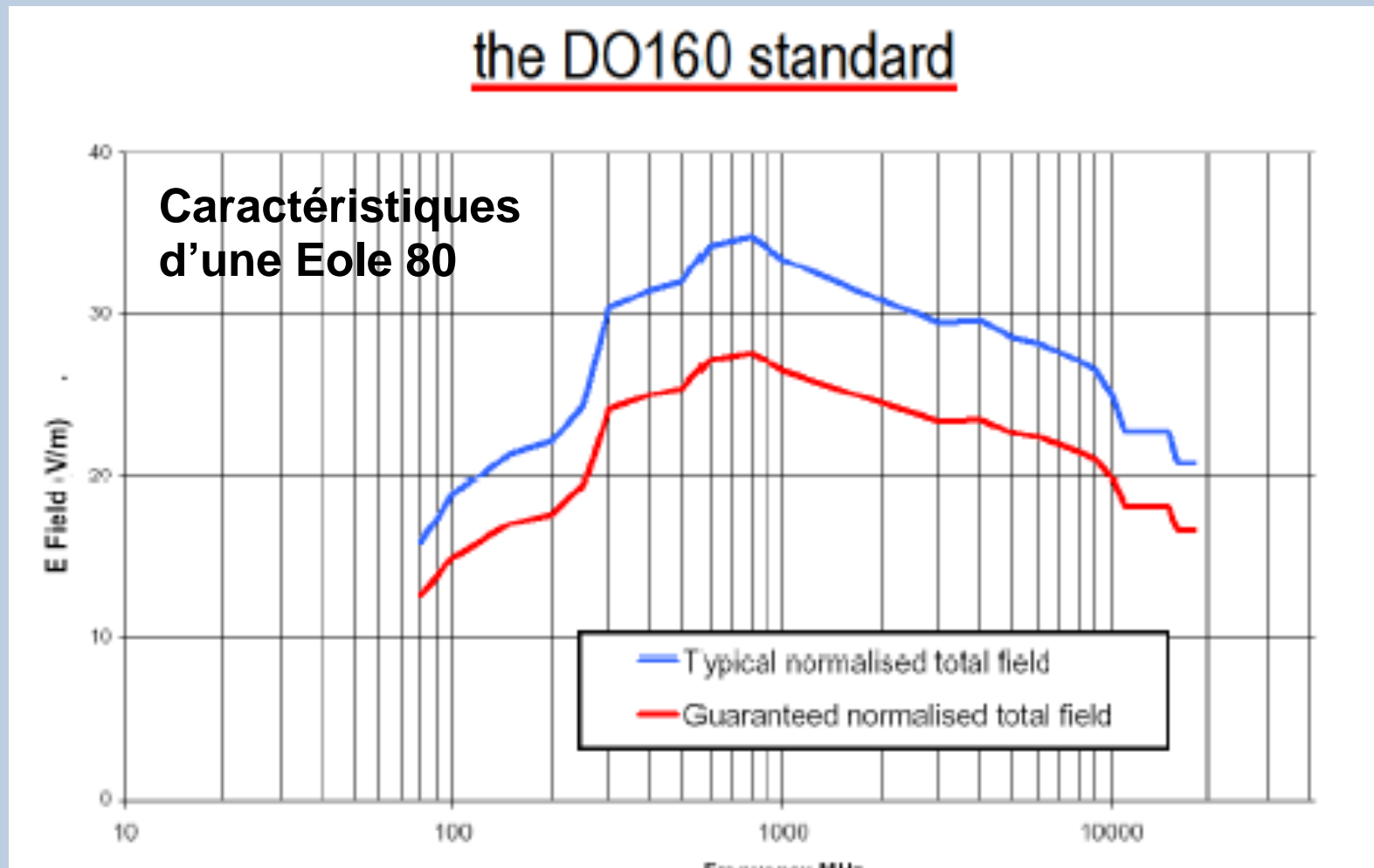
$$P_{target} = \left( \frac{E_{target}}{E_{normalized}} \right)^2$$

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

Calibration  
dans notre  
Eole 200

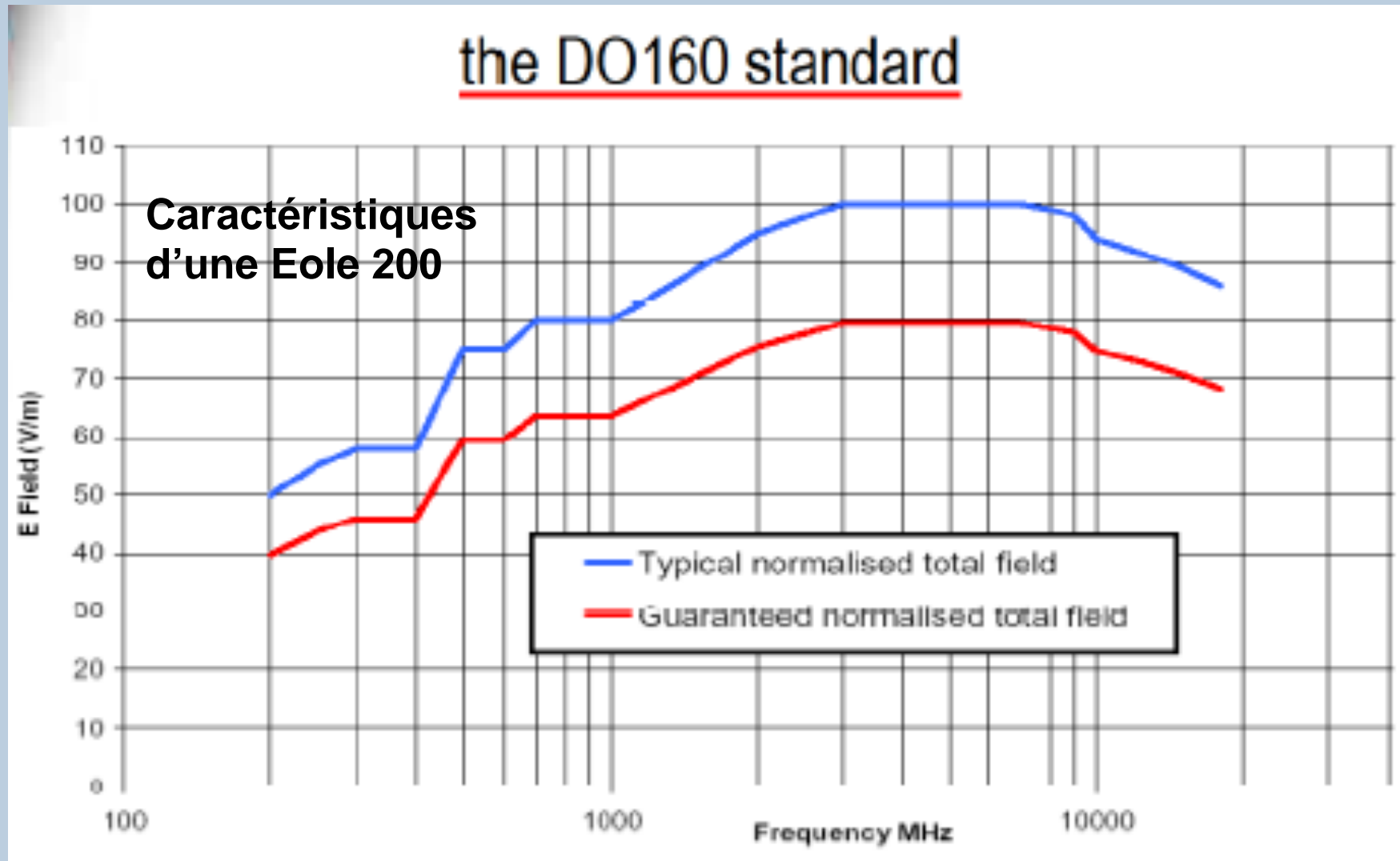


# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques





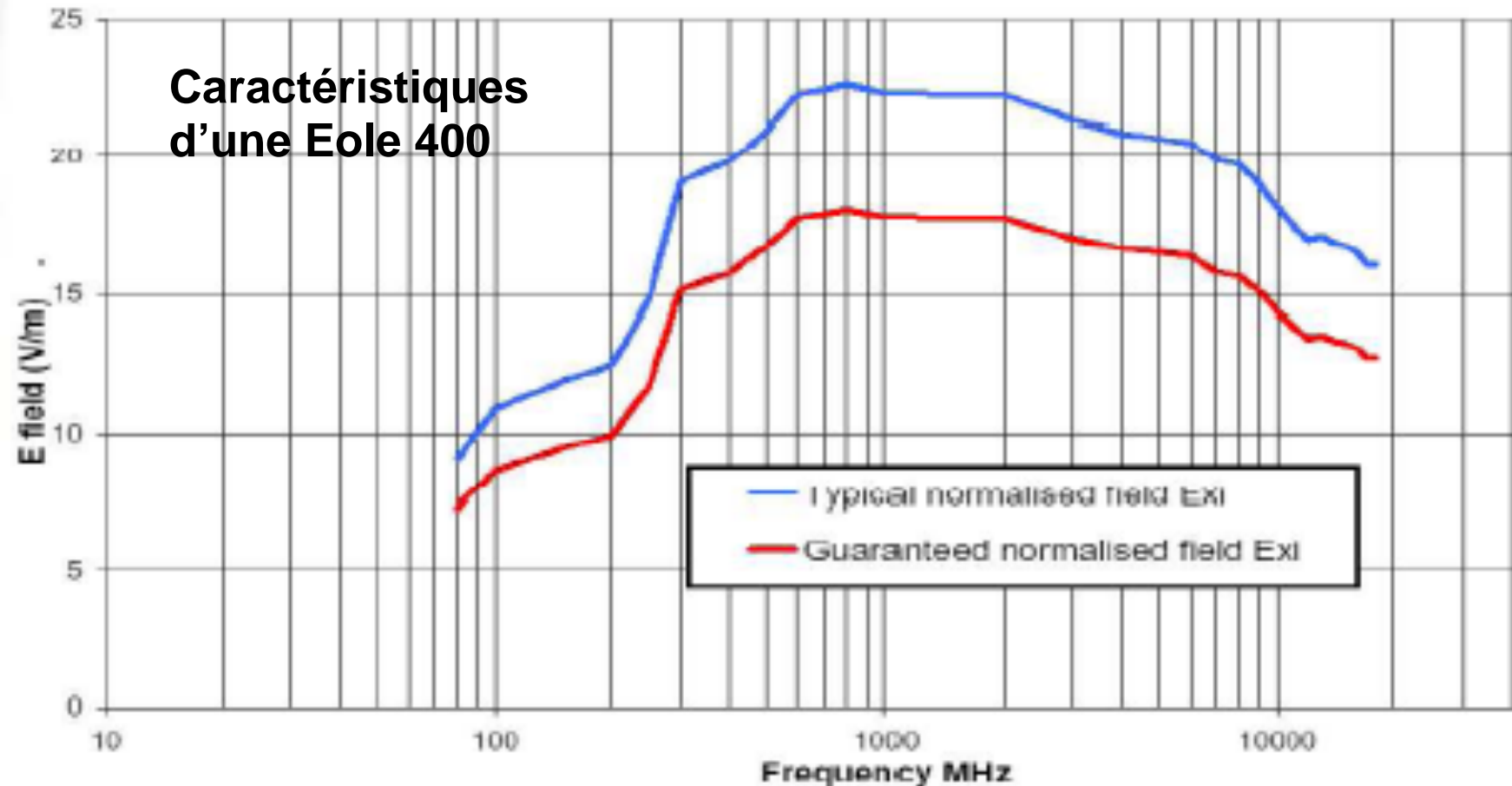
# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques



# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

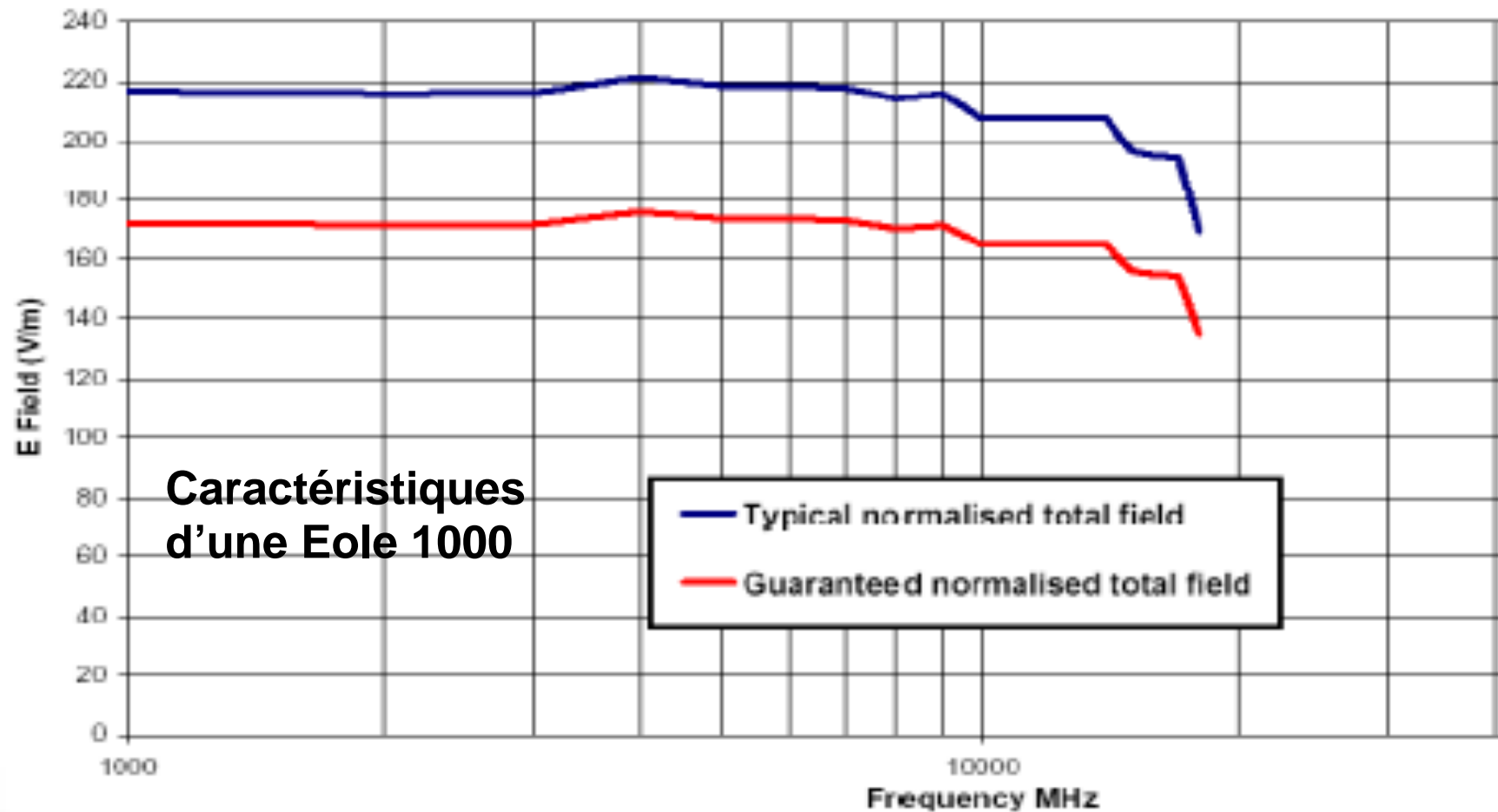
## the DO160 standard

Caractéristiques  
d'une Eole 400



# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

## the DO160 standard



**Caractéristiques  
d'une Eole 1000**

— Typical normalised total field  
— Guaranteed normalised total field

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

Catégorie L			Puissance nécessaire en cage classique (W)			P. nécessaire en Grande CRBM Eole 80 Env 9x6x5 (W)		
Bande (GHz)	Champ Moyen (V/m)	Champ Pulsé (V/m)	Champ Moyen (V/m)	G Ant. (dB)	Champ Pulsé (V/m)	Champ Moyen (W)	Champ à 1W (V/m)	Champ Pulsé (W)
.1 à .2	200		1333.33	0.0		177.78	15.00	
.2 à .4	200		444.44	9.5		100.00	20.00	
0.4 à .7	200	730	133.33	20.0	1776.3	64.00	25.00	852
0.7 à 1	240	1400	112.94	24.6	3843.1	79.01	27.00	2688
1 à 2	250	5000	115.74	25.1	46296.3	100.00	25.00	40000
2 à 4	490	6000	421.23	25.6	63157.9	496.07	22.00	74380
4 à 6	400	7200	280.70	25.6	90947.4	400.00	20.00	129600
6 à 8	200	1100	70.18	25.6	2122.8	110.80	19.00	3351
8 à 12	330	5000	191.05	25.6	43859.6	376.82	17.00	86505
12 à 18	330	2000	191.05	25.6	7017.5	484.00	15.00	17777

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

Catégorie L			P. nécessaire en moyenne CRBM Eole 200 Env 3X4X5m LUF env. 200MHz		
Bande (GHz)	Champ Moyen (V/m)	Champ Pulsé (V/m)	Champ Moyen (W)	Champ à 1W (V/m)	Champ Pulsé (W)
.1 à .2	200		44.44	30	
.2 à .4	200		25.00	40	
0.4 à .7	200	730	11.11	60	148.03
0.7 à 1	240	1400	13.63	65	463.91
1 à 2	250	5000	12.76	70	5102.04
2 à 4	490	6000	37.52	80	5625.00
4 à 6	400	7200	25.00	80	8100.00
6 à 8	200	1100	6.25	80	189.06
8 à 12	330	5000	19.36	75	4444.44
12 à 18	330	2000	23.55	68	865.05



# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

Catégorie L			P. nécessaire en Moyenne CRBM Eole 400 Env 3.5x3x2.5m LUF env. 400MHz		
Bande (GHz)	Champ Moyen (V/m)	Champ Pulsé (V/m)	Champ Moyen (W)	Champ à 1W (V/m)	Champ Pulsé (W)
.1 à .2	200				
.2 à .4	200				
0.4 à .7	200	730	138.41	17	1843.94
0.7 à 1	240	1400	13.63	65	463.91
1 à 2	250	5000	12.76	70	5102.04
2 à 4	490	6000	37.52	80	5625.00
4 à 6	400	7200	25.00	80	8100.00
6 à 8	200	1100	6.25	80	189.06
8 à 12	330	5000	19.36	75	4444.44
12 à 18	330	2000	23.55	68	865.05

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

Catégorie L			P. nécessaire en Petite CRBM Eole 1000 Env. 1x1x1.2m LUF env. 1000MHz		
Bande (GHz)	Champ Moyen (V/m)	Champ Pulsé (V/m)	Champ Moyen (W)	Champ à 1W (V/m)	Champ Pulsé (W)
.1 à .2	200				
.2 à .4	200				
0.4 à .7	200	730			
0.7 à 1	240	1400			
1 à 2	250	5000	2.16	170	865.05
2 à 4	490	6000	8.31	170	1245.67
4 à 6	400	7200	5.54	170	1793.77
6 à 8	200	1100	1.38	170	41.87
8 à 12	330	5000	5.56	140	1275.51
12 à 18	330	2000	6.44	130	236.69

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

## *Que peut on en conclure :*

- ❑ Le gain sur la partie génération de puissance est très significatif par rapport à la cage classique à condition de réduire les pertes au maximum (attention l'absorption est normalisée en DO160G),
- ❑ Plus le volume de cage est réduit plus le champ pour 1W est élevé, donc un compromis volume utile €/kW à trouver.
- ❑ Pour une qualification système à 7200V/m en grande CRBM, le €/kW est défavorable : P plusieurs dizaines de kW avec un facteur de charge à 1, il existe des cas critiques ou ce facteur se situe au delà de 12dB (limite de la DO160F supprimé dans la version G)

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

*Un compromis pour pouvoir réaliser des essais systèmes peut consister en :*

- une cage système capable de recevoir le système complet et opérationnel, pour réaliser des essais de champ moyen jusqu'à 1GHz , ainsi que les émissions rayonnées,
- une cage moyenne de LUF 200MHz ( ex: Eole 200) pour le 400 à 1000MHz en pulsé, et les investigations en SR et émissions à partir de 100MHz,
- une petite cage de LUF 1000MHz (ex: Eole 1000), 1 à 18GHz en pulsé

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

## *Choix des amplis pour la configuration choisie*

Si l'on considère un facteur de charge à 0dB

-En CW :

- De 100MHz à 1GHz : 200W
- De 1 à 18GHz : 500W

-En Pulsé :

- De 400 à 1GHz : 500W
- De 1 à 18GHz : 1700W

***Se souvenir que le choix de  $P$  des amplis =  
détermination du facteur de charge des  
équipements testés***

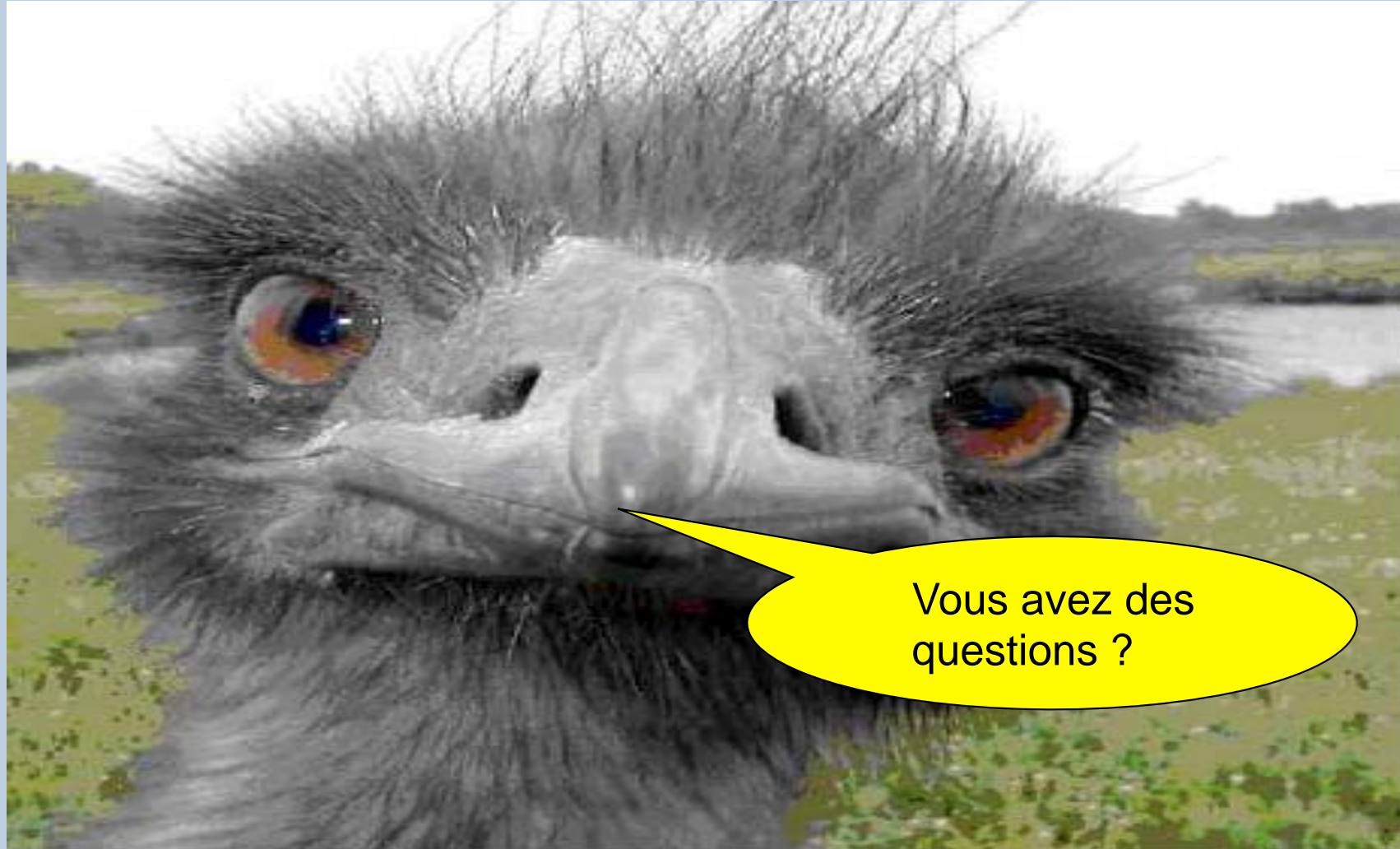


# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques

## *Points importants lors de la détermination du besoin :*

- Connaître le facteur de charge maximum,
- Connaître le volume utile nécessaire aux équipements,
- Choisir le niveau maximum de champ,
- Pour finir, le plus important faire garantir et valider le champ !!!

# Qualification HIRF des systèmes Aéronautiques



[vincent.melchor@zodiacaerospace.com](mailto:vincent.melchor@zodiacaerospace.com)