

# Concilier contraintes CEM et exigences des normes radio

*Salon Hyper 2009*

**LCIE BUREAU VERITAS**



**BUREAU  
VERITAS**

***Move Forward with Confidence\****

*\*Avançons en confiance*

# Adaptation des exigences CEM

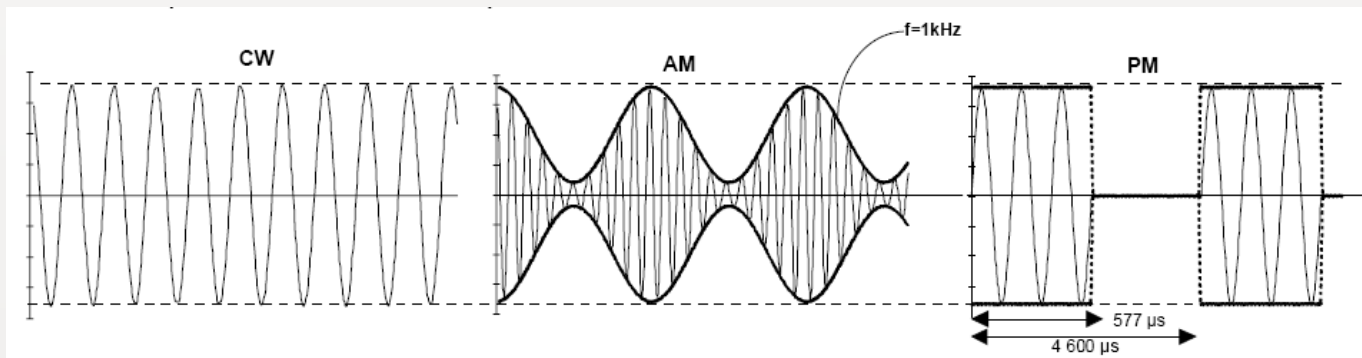


- ▶ Equipements électroniques intégrant de plus en plus d'électronique
- ▶ Leurs modes et conditions d'utilisation doivent prendre en compte les contraintes réelles des environnements
- ▶ Les industries automobile, aéronautique et militaire requièrent des essais d'immunité rayonnée à des niveaux de champs E très élevés.
- ▶ Les niveaux les plus forts sont demandés dans la bande de fréquence de 1 à 18 GHz.
- ▶ **Les équipements radio embarqués doivent satisfaire ces contraintes avec des niveaux de sensibilité de plus en plus faibles**

# Conséquences liées à ces nouvelles exigences CEM

- ▶ Augmentation significative des niveaux de champs électriques rayonnés et de courants induits dans les câblages
- ▶ Des bandes de fréquences en émission de plus en plus hautes pour prendre en compte les émissions des nouvelles technologies (WiFi, RLAN, Wimax, ...)
- ▶ Modulation de signaux d'essais prenant en compte de plus en plus celles utilisées dans les technologies telles que « téléphones portables »
  - Exemple typiques de signaux utilisés

- Non modulé (CW).
- Modulé en amplitude 1 kHz 80% (AM) :
- PM1 Fréquence 217 Hz, Ton 577  $\mu$ s (illustration ci-dessous).
- PM2 Fréquence 300 Hz, Ton 100  $\mu$ s.



# Adaptation des moyens d'essais en immunité



- ▶ Utilisation de chambres réverbérantes à brassage de modes (CRBM)
  - Elles se constituent d'une enceinte blindée dans laquelle les propriétés des cavités surdimensionnées sont applicables
  - Les conditions apportées par les chambres réverbérantes procurent à l'équipement sous test un caractère statistiquement isotrope qui évite de le réorienter.
  - Les modes de résonance de la cavité étant exploités, la génération des champs élevés est assurée en injectant des puissances relativement faibles.
  - Les premiers modes de résonance de la chambre à certaines fréquences dépendent des dimensions de la chambre.
- ▶ Nécessité d'amplificateurs et de mesureurs de champs pulsés

# Quelques normes et spécifications de référence



## ▶ AIRBUS ABD0100.1.2 Part 1 –

- Product Chap2 – Environment- Environmental Conditions and Tests Requirements Associated to Qualification – Issue E – dated September 2002

## ▶ RTCA DO160 / EUROCAE ED-14D

- Conditions d'environnement et procédures d'essais pour les équipements de bord, Section 20, Susceptibilité aux perturbations radioélectriques rayonnées et conduits.

## ▶ EN 61000-4-21:

- Compatibilité électromagnétique (CEM) - Partie 4-21 : techniques d'essai et de mesure - Méthodes d'essai en chambre réverbérante

## ▶ B21 7110 PSA PEUGEOT –

- CITROËNSPECIFICATIONS D'ENVIRONNEMENT DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES ET ELECTRONIQUES CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES
  - Dans l'aéronautique, niveaux allant jusqu'à 6 kV/m
  - Automobile, niveaux de 600 V/m
  - Agression électromagnétique à partir d'un signal CW et pulsé

# Niveaux d'essais des signaux induits



- EUROCAE ED-14E Section 20
- Radio Frequency Susceptibility (Radiated and Conducted)

TABLE 20-4 : CONDUCTED SUSCEPTIBILITY TEST LEVELS VERSUS CATEGORY

Frequency (MHz)	Category Levels (mA)															
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	R	S	T	W	Y
0.01	0.2	0.08	0.5	0.2	2.5	1	4.5	1.5	0.6	2.5	1	0.6	0.03	0.15	3	6
0.1	1.6	0.64	3.5	1.4	25	10	19.2	6.4	2.56	25	10	6	0.3	1.5	30	60
0.1	1.6	0.64	3.5	1.4	25	10	25.6	6.4	2.56	25	10	6	0.3	1.5	30	60
0.5	7	2.6	13.5	5.4	125	50	66	16.5	6.6	125	50	30	1.5	7.5	150	300
0.5	7	3.9	13.5	8.1	125	75	66	16.5	9.9	125	75	30	1.5	7.5	150	300
1.5	20	12	35	21	125	75	136	32	20	125	75	30	1.5	7.5	150	300
2	25	15	35	21	125	75	164	41	24.6	125	75	30	1.5	7.5	150	300
2	50	50	70	70	250	250	164	82	82	250	250	30	1.5	7.5	150	300
3	70	70	70	70	250	250	214	105	105	250	250	30	1.5	7.5	150	300
5	70	70	70	70	250	250	300	150	150	250	250	30	1.5	7.5	150	300
6	70	70	70	70	205	205	300	150	150	205	205	30	1.5	7.5	150	300
15	70	70	50	50	86	86	300	150	150	150	150	30	1.5	7.5	150	300
30	59	59	39	39	48	48	300	150	150	150	150	30	1.5	7.5	150	300
30	29.5	5.9	19.5	3.9	24	4.8	300	75	15	75	15	30	1.5	7.5	150	300
70	23.25	4.65	14	2.8	13	2.6	216	54	10.8	54	10.8	30	1.5	7.5	150	300
100	20.5	4.1	12	2.4	11.5	2.3	180	45	9	45	9	30	1.5	7.5	150	300
100	41	4.1	24	2.4	23	2.3	180	90	9	90	9	30	1.5	7.5	150	300
200	34	3.4	19.5	1.95	18.5	1.85	132	66	6.6	66	6.6	30	1.5	7.5	150	300
200	34	3.4	19.5	1.95	18.5	1.85	132	66	6.6	66	6.6	30	1.5	7.5	150	300
400	30	3	15	1.5	15	1.5	100	50	5	50	5	30	1.5	7.5	150	300

# Niveaux d'essais des signaux rayonnés



- **EUROCAE ED-14E Section 20**
- **Radio Frequency Susceptibility (Radiated and Conducted)**

**TABLE 20-5 : RADIATED SUSCEPTIBILITY TEST LEVELS VERSUS CATEGORY**

Certification and Normal Environment	Cat A (V/m) (24 dB)		Cat B (V/m) (18 dB)		Cat C (V/m) (14 dB)		Cat D (V/m) (12 dB)		Cat E (V/m) (10 dB)		Cat F (V/m) (6 dB)		Cat G (V/m) (0 dB)	
		PM		PM		PM		PM	SW/CW	PM	SW/CW	PM		PM
100-200 MHz	7	N/A	13	N/A	20	N/A	25	N/A	32	N/A	50	N/A	100	N/A
200-400 MHz	7	N/A	13	N/A	20	N/A	25	N/A	32	N/A	50	N/A	100	N/A
400-700 MHz	4	45	7	88	10	140	13	175	16	220	25	350	50	700
700 MHz-1 GHz	7	45	13	88	20	140	25	175	32	220	50	350	100	700
1-2 GHz	13	125	25	250	40	400	50	500	64	630	100	1000	200	2000
2-4 GHz	13	190	25	375	40	600	50	750	64	950	100	1500	200	3000
4-6 GHz	13	190	25	375	40	600	50	750	64	950	100	1500	200	3000
6-8 GHz	13	63	25	125	40	200	50	250	64	320	100	500	200	1000
8-12 GHz	19	190	38	375	60	600	75	750	95	950	150	1500	300	3000
12-18 GHz	13	125	25	250	40	400	50	500	64	630	100	1000	200	2000

Rotocraft Severe Environment	Cat H (V/m) (24 dB)		Cat I (V/m) (18 dB)		Cat J (V/m) (12 dB)		Cat K (V/m) (6 dB)		Cat L (V/m) (0 dB)		Notes
		PM		PM		PM	SW/CW		SW/CW	PM	
100-200 MHz	13	N/A	25	N/A	50	N/A	100	N/A	200	N/A	Note 1 – Test Levels for Category R, S, T, W, and Y are shown in Figures 20-10 (a & b)  Note 2 – The value of (XX dB) in each column heading denotes the amount of airframe attenuation applied to the external HIRF environment.
200-400 MHz	13	N/A	25	N/A	50	N/A	100	N/A	200	N/A	
400-700 MHz	13	45	25	90	50	180	100	365	200	730	
700 MHz-1 GHz	16	90	32	175	60	350	120	700	240	1400	
1-2 GHz	16	315	32	630	60	1250	125	2500	250	5000	
2-4 GHz	30	380	60	760	120	1500	245	3000	490	6000	
4-6 GHz	25	455	50	910	100	1800	200	3600	400	7200	
6-8 GHz	10	70	20	140	40	280	85	550	170	1100	
8-12 GHz	20	315	40	630	80	1260	165	2500	330	5000	
12-18 GHz	20	125	40	250	80	500	165	1000	330	2000	

# Conséquences en immunité rayonnée – résumé



<b>Aéronautique</b>	<b>Automobile</b>	<b>Marquage CE</b>
<p>Immunité aux champs rayonnés de 1 à 18 GHz allant jusqu'à 6000 V/m (utilisation de signaux pulsés)</p>	<p>Immunité aux champs rayonnés de 1 à 3,2 GHz allant jusqu'à 600 V/m en signaux pulsés</p> <p>Immunité aux émetteurs embarqués à différentes fréquences</p>	<p>Immunité aux champs rayonnés de 1 à 2,7 GHz allant jusqu'à 10 V/m</p> <p>Voire 30 V/m pour certaines applications de mesure</p>



# Conséquences en émission par rayonnement



- ▶ Bandes de fréquences allant jusqu'à 6 GHz dans le cadre du marquage CE (CISPR 22)
- ▶ Adaptation des caractéristiques des sites de mesures aux fréquences supérieures à 1 GHz

Marquage CE	Automobile
Essais de 1 à 6 GHz selon la CISPR 22	Essais de 1 à 2,5 GHz, voire 5 GHz selon la CISPR 25

# Mesure d'émission jusqu'à 6 GHz selon la norme EN 55022



## ► Limites pour les équipements de classe A

Equipement de classe A Distance d'essai : 10m	
Gammes de fréquences (MHz)	Limites quasi crête (dB $\mu$ V/m)
30 à 230	40
230 à 1000	47

Equipement de classe A Distance d'essai : 3m		
Gammes de fréquences (GHz)	Limites valeur moyenne (dB $\mu$ V/m)	Limites quasi crête (dB $\mu$ V/m)
1 à 3	56	76
3 à 6	60	80

# Mesure d'émission jusqu'à 6 GHz selon la norme EN 55022



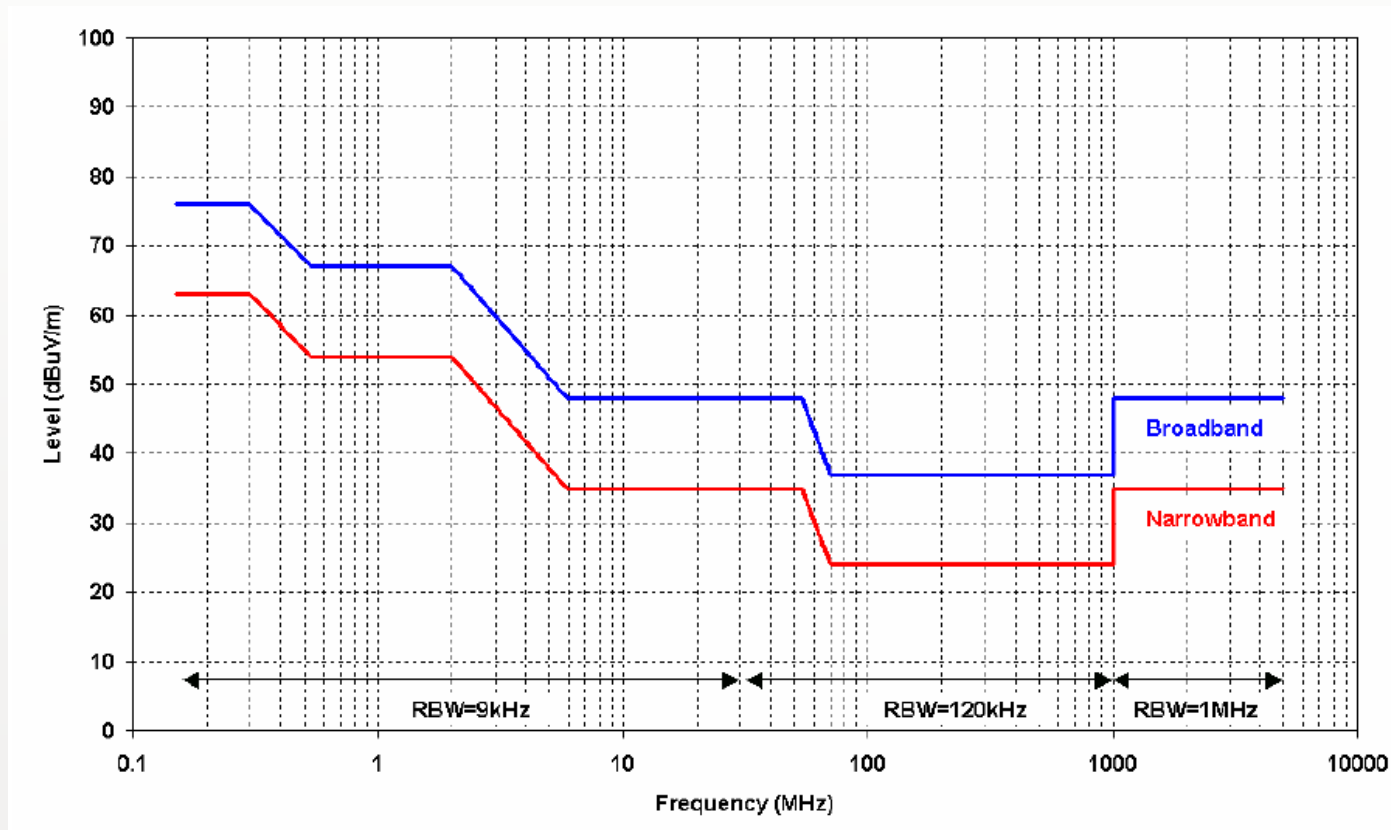
## ► Limites pour les équipements de classe B

Equipement de classe B Distance d'essai : 10m	
Gammes de fréquences (MHz)	Limites quasi crête (dB $\mu$ V/m)
30 à 230	50
230 à 1000	57

Equipement de classe B Distance d'essai : 3m		
Gammes de fréquences (GHz)	Limites valeur moyenne (dB $\mu$ V/m)	Limites quasi crête (dB $\mu$ V/m)
1 à 3	54	70
3 à 6	54	74

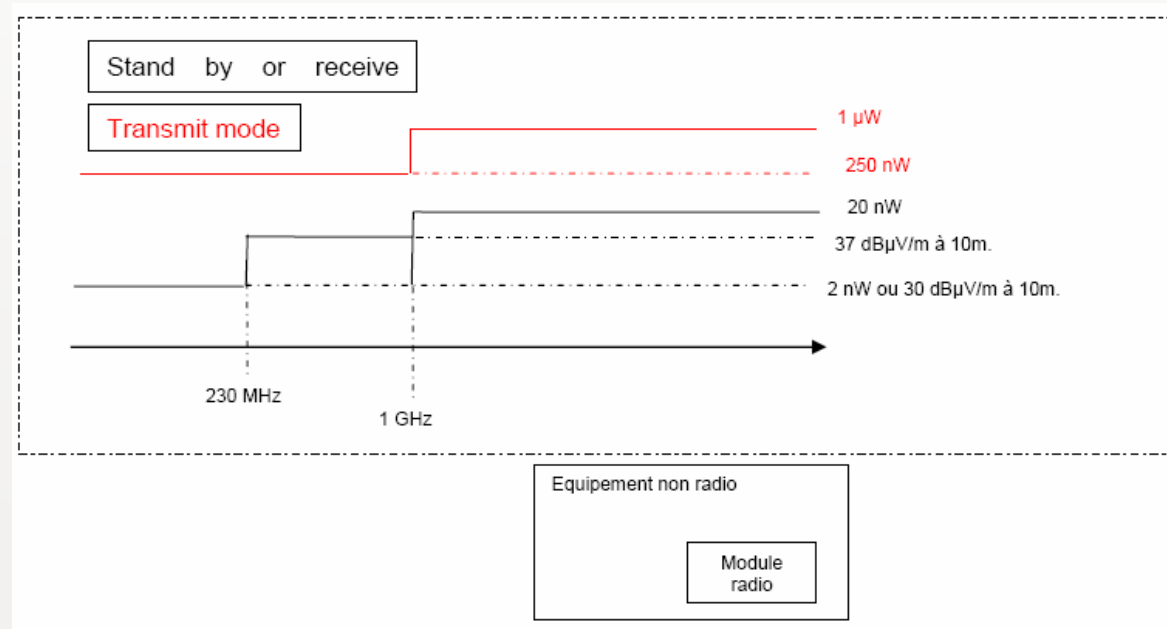
# Evolution de la CISPR 25 à 2,5 puis 5 GHz

Limites applicables selon la CISPR-25 , classe 3 intégrant les nouvelles technologies embarquées jusqu'à 5 GHz



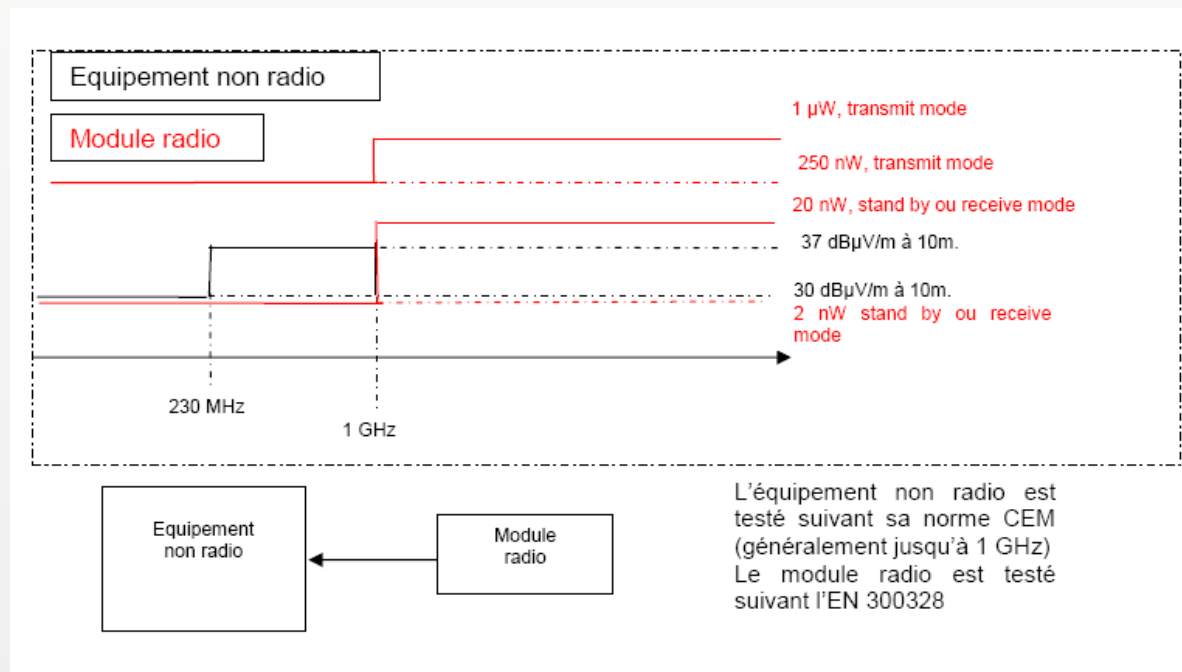
# Quelles limites applicables radio ou CEM ?

- ▶ **Exemple** : Limite applicable à transmetteur WiFi : EN 300328
- ▶ **Intégration du transmetteur WiFi dans un équipement soumis à la norme CEM d'émission EN 55022**
  - Cas 1: Le module radio est connecté (plug-in radio device) dans l'équipement non radio, il est totalement dépendant de celui-ci pour son fonctionnement

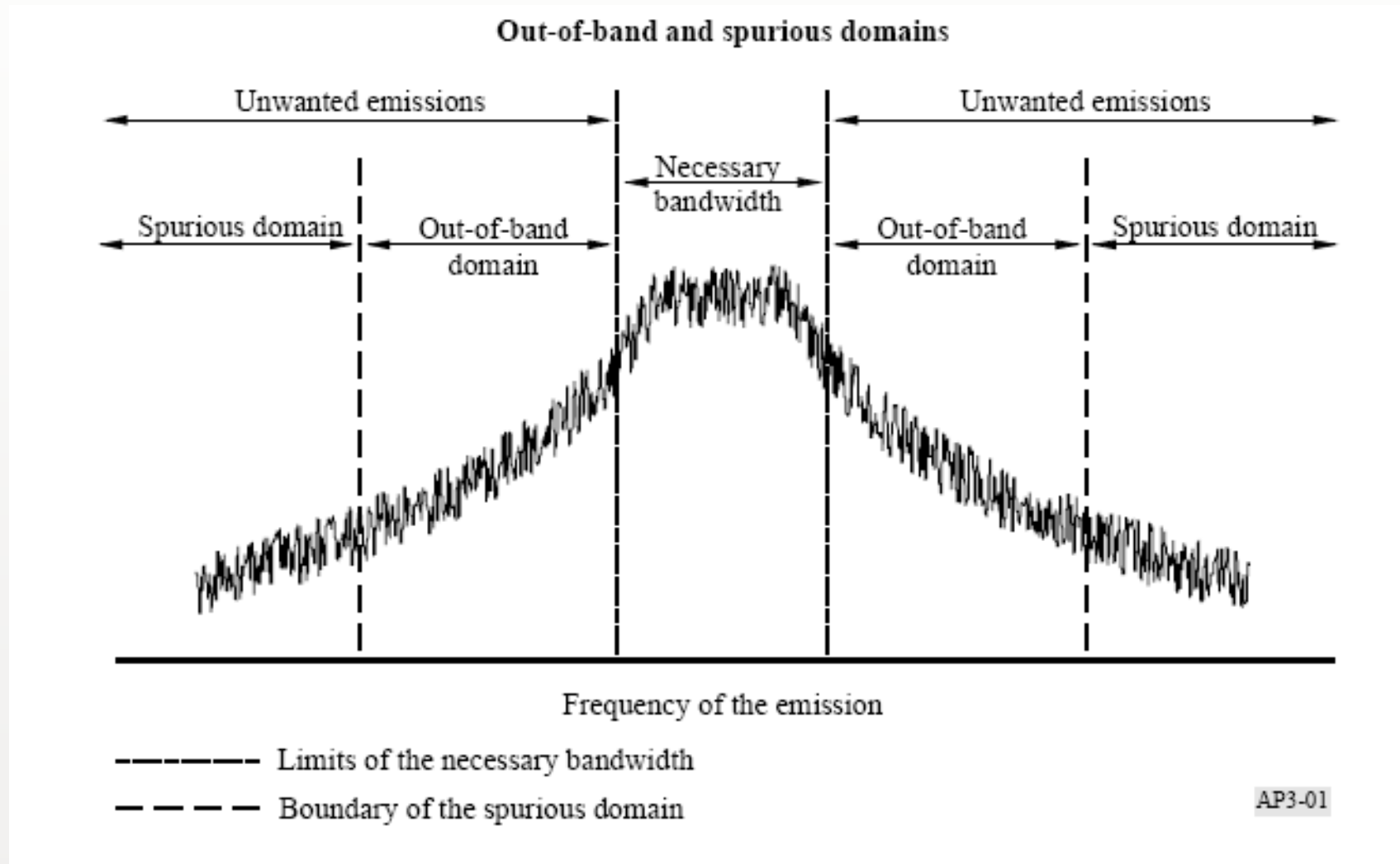


# Quelles limites applicables radio ou CEM ?

- ▶ **Exemple** : Limite applicable à transmetteur WiFi : EN 300328
- ▶ **Intégration du transmetteur WiFi dans un équipement soumis à la norme CEM d'émission EN 55022**
  - Cas 2 : Le module radio est connecté (plug-in radio device) à l'équipement non radio. Les 2 équipements sont fonctionnels séparément.



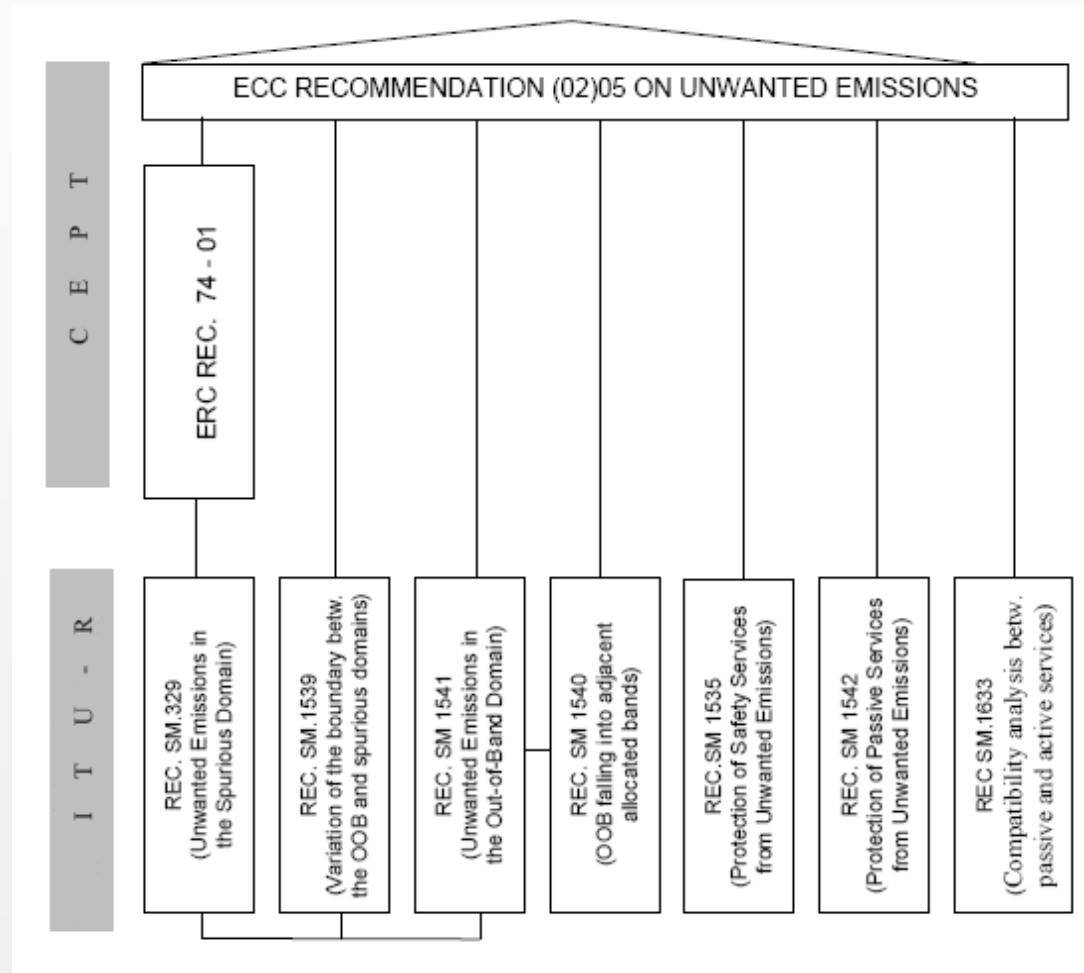
# Classification des rayonnements non essentiels (spurious) des émetteurs radio



# Maitrise des rayonnements non essentiels (spurious)



Les niveaux des rayonnements non essentiels ne doivent jamais dépasser ceux prévus par des règlements IUT-R Rec 329 et CEPT ERC 74-01 quelque soit la fréquence de la porteuse





# Niveaux maxima de rayonnements non essentiels admissibles (IUT et CEPT)



Frequency band containing the assignment (lower limit exclusive, upper limit inclusive)	For any spurious component, the attenuation (mean power within the necessary bandwidth relative to the mean power of the spurious component concerned) shall be at least that specified below and the absolute mean power levels given shall not be exceeded <sup>1</sup>
9 kHz to 30 MHz	40 dB 50 mW <sup>2, 3, 4</sup>
30 MHz to 235 MHz – mean power above 25 W – mean power 25 W or less	60 dB 1 mW <sup>5</sup> 40 dB 25 μW
235 MHz to 960 MHz – mean power above 25 W – mean power 25 W or less	60 dB 20 mW <sup>6, 7</sup> 40 dB 25 μW <sup>6, 7</sup>
960 MHz to 17.7 GHz – mean power above 10 W – mean power 10 W or less	50 dB 100 mW <sup>6, 7, 8, 9</sup> 100 μW <sup>6, 7, 8, 9</sup>
Above 17.7 GHz	The lowest possible values achievable shall be employed (see Recommendation <a href="#">66</a> (Rev.WRC-2000)*).

# Comment est assurée la protection des récepteurs radio



- ▶ Exemple de la directive R&TTE 1999/05/CE
- ▶ La commission européenne, dans le cadre de l'article 3.3 de la directive R&TTE 1999/05/CE, a pris huit décisions prévoyant une exigence essentielle supplémentaire pour des matériels spécifiques intervenant dans la sécurité des personnes ;
- ▶ Ces exigences concernent principalement les récepteurs et fixent des essais supplémentaires permettant de garantir leur fonctionnement en présence de signaux autres que ceux émis par l'émetteur.

# Décisions selon la Directive R&TTE 1999/05/CE



- ▶ [Décision n°2005/631/CE du 29 août 2005](#) concernant l'application des balises Compasarsat
- ▶ [Décision n°2005/53/CE du 25 janv. 2005](#) concernant l'application des balises AIS
- ▶ [Décision n°2004/71/CE du 4 sept. 2003](#) concernant l'application non Solas qui participe au GMDSS
- ▶ [Décision n° 2001-148/CE du 21 fév. 2001](#) concernant l'application de l'article 3.3e) sur les balises d'avalanche
- ▶ [Décision n° 2000/638/CE du 22 sept. 2000](#) concernant l'application de l'article 3.3e) aux équipements hertziens marins mis à bord des navires non soumis à la SOLAS en vue de participer au Système mondial de détresse et de sécurité en mer et non visés par la directive 1996/98/CE
- ▶ [Décision n° 2000/637/CE du 22 sept. 2000](#) concernant l'application de l'article 3.3e) aux équipements hertziens soumis à l'accord régional relatif aux services radio téléphoniques dans la navigation intérieure.

# Exigences des récepteurs



- ▶ Dans le cas des récepteurs des exigences supplémentaires peuvent être applicables si elles sont prévues par un décision Européenne.
- ▶ Des normes harmonisées fixent des spécifications techniques et méthodes d'essais pour les récepteurs
- ▶ Quelques exemples de normes :
  - **EN 300 220-2 V2.1.1** : Compatibilité électromagnétique et spectre radioélectrique (ERM); Appareils de faible portée (AFP); équipements radioélectriques fonctionnant dans la gamme de fréquences 25 MHz à 1 000 MHz avec des niveaux de puissance ne dépassant pas 500 mW; Partie 2: Norme harmonisée couvrant les exigences essentielles de l'article 3.2 de la Directive R&TTE
  - **EN 300 162-3 V1.1.1** : CEM et spectre radioélectrique (ERM); Émetteurs et récepteurs de radiotéléphones en VHF pour le service mobile maritime; Partie 3: Norme harmonisée couvrant l'article 3.3e de la Directive R&TTE
  - **EN 300 152-3 V1.1.1** CEM et spectre radioélectrique (ERM) — Balises radioélectriques maritimes d'indication de position en cas d'urgence (EPIRB) destinées à fonctionner à 121,5 MHz ou à 121,5 MHz et 243 MHz pour des besoins de localisation uniquement — Partie 3: EN harmonisée couvrant les exigences essentielles de l'article 3.3e de la Directive R&TTE

# Classification des récepteurs



- **Les récepteurs sont divisés en trois classes, ils sont soumis à des tests supplémentaires en fonction de l'impact qu'ils ont sur les personnes.**

Classe	Essais supplémentaires	Nature ou fonction du récepteur
1	Sensibilité maximale utilisable Sélectivité par rapport aux canaux adjacents Blocage ou désensibilisation. Réjection aux réponses d'intermodulation Réjection aux réponses parasites Rayonnements parasites	Risque important pour les personnes en cas de dysfonctionnement du système Risque physique pour les personnes
2	Blocage ou désensibilisation. Rayonnements parasites	Risque moyen pour les personnes en cas de dysfonctionnement du système Inconfort, dérangement, gêne pour les personnes ne pouvant pas simplement s'éliminer.
3	Rayonnements parasites	Risque normal pour les personnes Inconfort, dérangement, gêne pour les personnes pouvant simplement s'éliminer

## ► Mesure de la sensibilité

- La sensibilité d'un récepteur est l'amplitude minimale du signal qu'il faut appliquer à son entrée pour obtenir à la sortie du démodulateur un niveau correspondant

## ► Sélectivité par rapport au canal adjacent

- La sélectivité dans le canal adjacent comme un rapport entre l'atténuation du canal utile et l'atténuation du canal adjacent.

## ► Blocage ou désensibilisation du récepteur

- Des interférences de niveau très élevées réduisent le gain que peut fournir le circuit à des signaux utiles de faible puissance.
- Le signal de sortie sature lorsque le niveau du signal en entrée est trop élevé.
- Le gain des signaux faibles est limité par la puissance de ces interférences, **désensibilisant** le système et **bloquant** le signal.

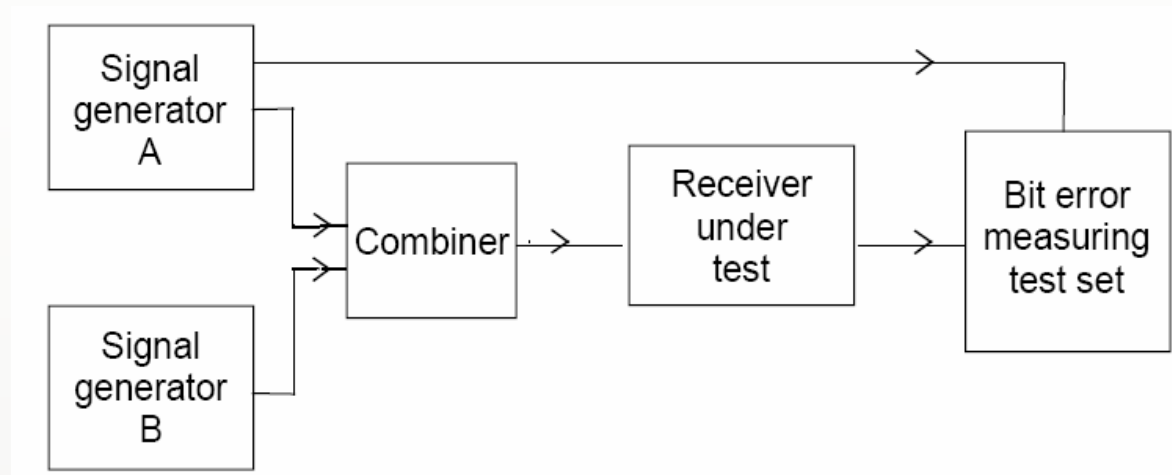
## ► Protection contre l'intermodulation

- Lorsque 2 signaux de fréquences différentes sont appliqués à un système non-linéaire, à la sortie de celui-ci se trouvent des signaux qui sont des harmoniques des fréquences d'origine, mais aussi une combinaison de ces 2 fréquences.

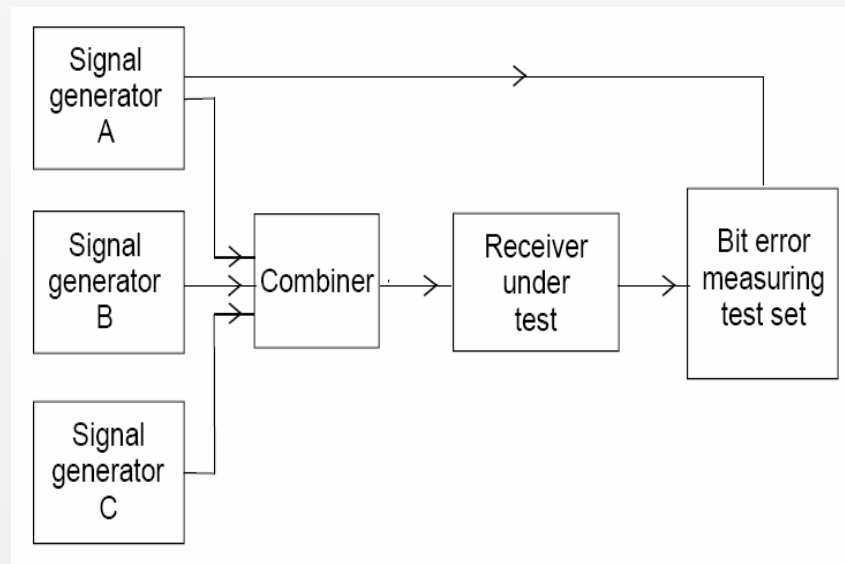
## ► Protection contre les réponses parasites

- La plage de fréquence du signal brouilleur est définie à partir de la fréquence de l'oscillateur local du 1er mélangeur plus ou moins la fréquence intermédiaire. Lorsque le récepteur a plusieurs FI, alors on calculera toutes les fréquences images.

# Essai de caractérisation des récepteurs radio



**Blocage ou désensibilisation**



**Protection contre l'intermodulation**



# Exemples

Exemple de données dans le cadre de systèmes UMTS pour la mesure du blocage, de la désensibilisation et de l'intermodulation

Type de signal	Nom signal	Niveau (dBm)	Fréquence
Sensibilité	$S$	-117	$f_0$
Signal test (Bl & IM)	$S_{t1}$	-114	$f_0$
Signal test (Adj)	$S_{t2}$	-103	$f_0$
Canal adjacent	$Adj$	-52	$f_0 \pm 5MHz$
1 <sup>er</sup> bloqueur	$Bl_1$	-56	$f_0 \pm 10MHz$
2 <sup>e</sup> bloqueur	$Bl_2$	-44	$f_0 \pm 15MHz$
Intermodulation	$P_{in}$	-46	$f_0 \pm 10MHz$ $f_0 \pm 20MHz$
Signal maximal	$S_{max}$	-25	$f_0$



**Merci de votre attention**