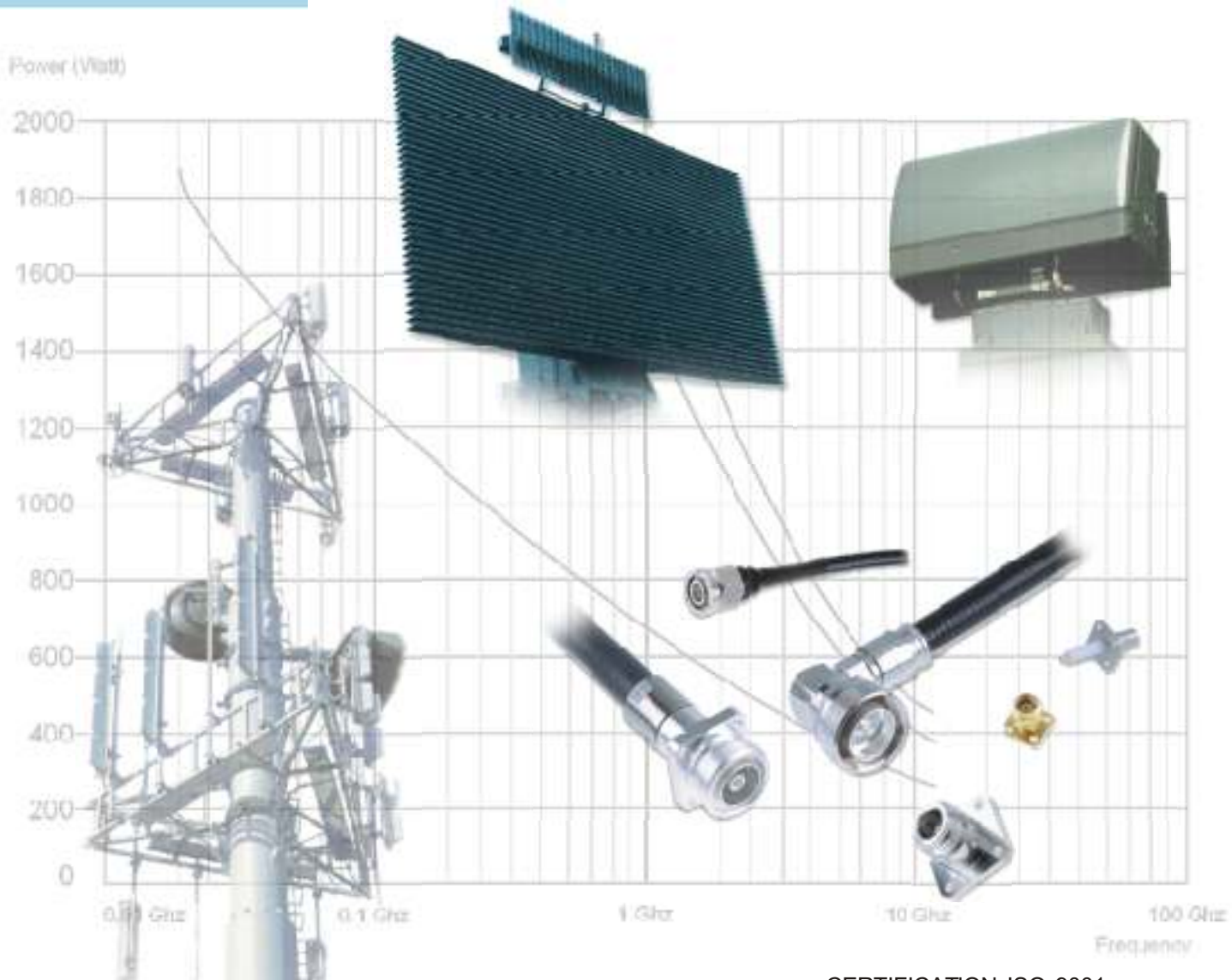


Guide technologique : Calcul de la puissance



CERTIFICATION ISO 9001



La puissance maximale que peut véhiculer un connecteur coaxial est limitée par deux facteurs : **l'échauffement et la rigidité diélectrique**

I - PUISSANCE ADMISSIBLE EN ECHAUFFEMENT

Une partie de la puissance véhiculée dans le connecteur se transforme en chaleur à cause des pertes diélectriques et ohmiques des matériaux en présence.

La température du connecteur se stabilise alors autour d'une valeur pour laquelle la chaleur générée par la puissance dissipée est égale à la chaleur évacuée par le connecteur sous forme de rayonnement, conduction et convection.

Cette température doit rester inférieure à la limite acceptable pour chacun des matériaux constitutifs. Elle détermine la "**puissance admissible en échauffement**".

II - LA RIGIDITE DIELECTRIQUE

Au delà d'un seuil de puissance, le champ électrique à l'intérieur du connecteur devient tel qu'un claquage ou un vieillissement prématuré des matériaux apparaît. Ce facteur définit la puissance admissible en tension de tenue.



Banc de test

DEFINITIONS

Z_c impédance caractéristique du système ()

P puissance en watt. Il s'agit de la puissance crête dans les systèmes impulsions

U_{max} tension maximum (en V)

C_F (**correction de fréquence**) : il tient compte de l'effet de peau et de la part de dissipation dans le diélectrique qui varie suivant la fréquence.

C_T (**correction en température**) : tient compte de la température de l'environnement externe et de son influence sur le rayonnement et la convection. Ce coefficient est calculé pour des structures à symétrie de révolution, infiniment longues. Il n'est donc pas applicable aux embases de panneaux. Toutefois, même dans ce cas il fournit une approche conservative.

C_R (**correction en ROS ou VSWR**) : tient compte des ondes stationnaires présentes sur la ligne de transmission de l'énergie. Il s'agit du ROS du système et non du connecteur. Par exemple, dans le cas d'une ligne fonctionnant en circuit ouvert ou en court-circuit, la puissance présente en chaque point du connecteur peut être multipliée par 4.

C_A (**correction en altitude**) : tient compte de la diminution de la convection lorsque la pression diminue, par exemple dans une zone non pressurisée sur un avion.

Pour obtenir des valeurs de coefficients adaptées à une référence spécifique, nous consulter.

I - PUISSANCE ADMISSIBLE EN ECHAUFFEMENT

La puissance admissible en échauffement dépend de plusieurs paramètres :

1 - La génération interne de la chaleur

Paramètres :

- Résistivité des matériaux de base et des revêtements
- Résistivité des zones de contact
- Dissipation dans les isolants (téflon, polypropylène, époxy...)
- Fréquence d'utilisation
- Puissance transportée et forme d'onde
- Présence d'ondes stationnaires

Plus ces paramètres augmentent, plus on génère de chaleur.



Logiciel de simulation

Déterminer une puissance admissible en échauffement suppose de connaître précisément la constitution interne des connecteurs et des câbles et l'environnement réel d'utilisation des produits. Une collaboration client fournisseur est donc indispensable.

2 - L'évacuation de la chaleur dans le milieu environnant

Paramètres :

- Surface d'échange thermique avec l'extérieur
- Emissivité des surfaces extérieures (surfaces dorées, passivées...)
- Qualité des liaisons thermiques avec les pièces avoisinantes (ponts thermiques, panneaux ...)
- Flux d'air (convection libre ou forcée, position du connecteur et des câbles)
- Température et pression du milieu environnant
- Chemin d'évacuation de la chaleur du coeur du connecteur vers l'extérieur

La chaleur s'évacue mieux quand l'un ou les paramètres ci-dessus augmente(nt) à l'exception de la température qui agit à l'opposé.

3 - Les limites admissibles en température :

Paramètres :

- Température des brasures sur contact central et contact de masse
- Isolants utilisés dans le connecteur et dans le câble (téflon, polypropylène, époxy...)
- Température admissible en surface
- Température de fluage ou de relaxation des matériaux

Plusieurs approches sont possibles :

A) UNE APPROCHE SIMPLE : elle consiste à fournir quelques ordres de grandeur de puissance admissible pour des grandes familles de connecteurs et quelques constitutions internes typiques.

C'est cette approche que nous développons dans ce document. Elle est basée sur des modèles de calculs simples recalés par quelques essais.

Cette approche est indicative. Elle doit être complétée par une approche plus réaliste, théorique ou expérimentale.

On calcule l'ordre de grandeur de la puissance maximale transportable de la manière suivante :

a Rechercher la puissance de référence P_{REF}^*

Se reporter aux tableaux des pages suivantes ou nous consulter pour obtenir une valeur adaptée à une référence spécifique.

b Calculer les facteurs correctifs

Cf formules pages suivantes

c Calculer le produit de tous ces termes *

$$P = P_{REF} \times C_F \times C_T \times C_R \times C_A$$

Dans le cas d'un signal impulsionnel répétitif, la puissance P calculée par l'expression ci-dessus représente une puissance moyenne. Dans ce cas, on vérifiera que la tension crête reste acceptable.

Note : cette approche est très approximative, elle ne remplace pas une expérimentation en situation réelle.

* définitions p3 du catalogue

B) UNE APPROCHE THEORIQUE PLUS REALISTE : elle consiste à utiliser des modèles beaucoup plus élaborés comme les méthodes par éléments finis. Elle suppose de connaître de manière précise l'environnement du connecteur et les caractéristiques des matériaux. Cette approche est relativement longue et coûteuse. Elle se justifie pour les cas difficiles où les expérimentations sont trop complexes. Elle nécessite également un recalage expérimental mais dans des conditions plus accessibles à l'expérimentation.

C) UNE APPROCHE EXPERIMENTALE : on réalise l'application réelle. Elle utilise un matériel spécifique. C'est d'habitude l'utilisateur final qui peut réaliser ces essais.

II - LA RIGIDITE DIELECTRIQUE

1 - Les paramètres influencent la rigidité diélectrique

Le claquage, comme l'effet corona, sont gouvernés par le champ électrique qui règne à l'intérieur de la ligne coaxiale. La nature et les conséquences du claquage varient en fonction des matériaux diélectriques. Dans le cas d'un isolant solide, le claquage détruit le diélectrique, provoquant l'apparition d'un chemin conducteur le long des parois carbonisées du cheminement d'arc. Si le seuil de claquage n'est pas atteint, il se peut que la présence de vides dans le diélectrique provoque des renforcements locaux du champ. Ils peuvent provoquer l'apparition de décharges partielles. A la longue, elles érodent le diélectrique et provoquent son vieillissement prématuré. Dans le cas d'un isolant gazeux (air), le claquage n'est pas forcément destructeur. Son apparition dépend de la pression ambiante, de la nature du gaz, de la propreté des surfaces en regard et de la géométrie des lignes (macro géométrie : angles vifs et micro géométrie : état de surface, bavures). Enfin, tous ces phénomènes dépendent de manière complexe de la fréquence.



Banc de mesure

2- Rigidité diélectrique et effet de la pression (diélectrique gazeux air)

Ce phénomène est bien connu : lorsque la pression diminue, la tension disruptive diminue. Elle passe par un minimum pour une valeur critique du produit de la pression par la distance entre électrodes. Elle remonte ensuite pour les pressions très faibles. La variation de la tension disruptive en fonction de la pression, obéit à la loi de Paschen. Elle exprime que pour qu'il y ait claquage, il faut que les chocs entre les molécules de gaz et les électrons provoquent une multiplication des électrons (effet d'avalanche). La tension disruptive est alors directement liée au nombre de molécules de gaz comprises entre les deux électrodes. Ce nombre est proportionnel au produit de la pression par la distance inter électrodes.

Dans le cas de connecteurs coaxiaux, le champ n'est pas homogène et la loi de Paschen ne s'applique pas directement. Elle permet cependant de donner une évaluation qualitative de la tension disruptive en fonction de la pression.

3- Rigidité diélectrique et effet de la fréquence (diélectrique gazeux air)

En hyperfréquence, l'apparition d'un claquage obéit à des lois beaucoup plus complexes. Les électrons présents entre les deux conducteurs sont entraînés par le champ électro-magnétique alternatif.

Le claquage résulte de la compétition entre le phénomène de production d'électrons et le phénomène de perte d'électrons. La production d'électrons provient des collisions des électrons libres avec les molécules de gaz ou avec les conducteurs. Elle nécessite une énergie cinétique minimale. La perte d'électrons provient de la diffusion des électrons ainsi que du drainage par les conducteurs. Le claquage apparaît lorsqu'il se produit plus d'électrons qu'il ne s'en consomme. Ceci se traduit par le critère de Townsend.

A pression ambiante, le libre parcours moyen des électrons est très faible, les chocs sont nombreux mais peu efficaces pour la production d'électrons. Le claquage apparaît pour une tension élevée et quasiment indépendante de la fréquence.



Montage d'essai

A basse pression, le libre parcours moyen des électrons augmente. Les électrons acquièrent plus d'énergie cinétique et ionisent les molécules de gaz de manière plus efficace, la tension de claquage s'abaisse donc jusqu'à une valeur minimale. Si l'on se place à ce minimum et que l'on s'intéresse à l'influence de la fréquence, on peut distinguer deux phénomènes ; dans un premier temps, si la fréquence est faible et qu'elle augmente, le claquage apparaît pour des tensions de plus en plus faibles (moins de drainage des électrons par les conducteurs), puis, si la fréquence continue à augmenter, le claquage apparaît pour une tension plus élevée (l'amplitude d'oscillation des électrons devenant trop faible pour ioniser de manière efficace des molécules de gaz).

Pour les gammes de distances inter conducteurs rencontrées dans les connecteurs, on peut retenir que l'augmentation de la fréquence n'a pas d'influence à haute pression et améliore plutôt la rigidité diélectrique à basse pression. Ce dernier effet n'est pas quantifiable simplement.



Chambre anéchoïde

4 - Rigidité diélectrique et ROS

La présence de désadaptation en différents points d'une ligne conduit à l'apparition d'ondes stationnaires qui renforcent localement le champ électrique. La tension maximale apparaissant en un point, peut donc s'écrire :

$$U_{\max} = U_{\text{inci}} \cdot \frac{2 \text{ ROS}}{\text{ROS}+1}$$

où ROS est le ROS du système et U_{inci} est la tension incidente.

C'est bien sûr U_{\max} qui devra être comparé à la tension maximale admissible pour le connecteur.

5- Comment calculer une tension de tenue maximale?

a) A pression ambiante :

On vérifiera juste que la tension maximale ne dépasse pas la valeur admissible sur la série en appliquant l'expression :

$$U_{\max} = \frac{2 \text{ ROS}}{\text{ROS}+1} \cdot \sqrt{P \times Z_C^*}$$

b) Pour une autre pression :

On appliquera à la tension maximale admissible le coefficient de derating issu du tableau suivant :

Pression (mbar)	Derating	Altitude (pieds)	Altitude (km)
1.000	1	0	0
480	0.5	20.000	6
200	0.25	40.000	12
80	0.12	60.000	18
59	0.10	70.000	21

* définitions p3 du catalogue

Les valeurs sont données pour un R.O.S. (V.S.W.R.) de 1 et une température extérieure de 20°C, au niveau de la mer

FORMULE DE CALCUL

Il faut multiplier la puissance de référence de la série utilisée (tableau ci-dessous) par les divers facteurs de correction (tableau page suivante)

$$P = P_{REF} \times \underbrace{C_F \times C_T \times C_R \times C_A}_{\text{FACTEURS DE CORRECTION}}$$

PUISSANCE DE REFERENCE

		P_{REF} (Watt)	F_{REF} (GHz)
MMS	sur FR4 ligne coplanaire	40	0,9
MMT	sur FR4 ligne coplanaire		
MCX	coudée sur câble 2/50	100	
	droite sur câble 2/50 en technologie "full crimp"	120	
	coudée sur câble 2,6/50	150	
	sur câble 2,6/50 en technologie "full crimp"	200	
SMB	coudée sur câble 2/50	100	
	droite sur câble 2/50 en technologie "full crimp"	120	
	coudée sur câble 2,6/50	150	
	sur câble 2,6/50 en technologie "full crimp"	200	
SMA	sur .141"	100	18
	sur .141" micro poreux et sur SHF 8	130	
	avec contact captif par résine époxy	40	
BMA	sur .141"	100	
	sur .141" micro poreux et sur SHF 8	130	
	avec contact captif par résine époxy	40	
QMA	sur câble 2,6/50/D	150	2,5
	sur câble 5/50/D		
TNC	sur câble 5/50 ou 11/50* en technologie "full crimp"	350	11
TNC 18 GHz	sur câble .141"	140	18
	sur câble SHF 8	150	
	sur câble SHF 5	170	
N	sur câble 5/50 ou 11/50* en technologie "full crimp"	350	11
N 18 GHz	sur câble .141" et sur câble SHF 8 <i>fiche mâle</i>	170	18
	sur câble .141" et sur câble SHF 8 <i>fiche femelle</i>	150	
QN	sur câble 5/50 ou 11/50* en technologie "full crimp"	350	2,5
7/16	sur câble 11/50*	800	7,5

* sous réserve que le câble supporte ces puissances.

Pour d'autres câbles et d'autres séries, nous consulter.

FACTEURS DE CORRECTION

	C_F Fréquence (GHz)	C_T Température (°C) C _T maxi = 1	C_R R.O.S. maxi vu par le connecteur	C_A Altitude (h en Km) pour un vide absolu, C _A = 0.2
MMS	$C_F = 0.95 \times F^{-0.52}$	$C_T = 1 - \frac{7.55 (T-20)}{1000}$	$C_R = \frac{(R.O.S.+1)^2}{4 (R.O.S.)^2}$	$C_A = 1 - 0.033 \times h$
MMT	C _F maxi = 3			
MCX	$C_F = 0.96 \times F^{-0.36}$	$C_T = 1 - \frac{7.5 (T-20)}{1000}$		
SMB	C _F maxi = 20			
SMA	$C_F = 3.55 \times F^{-0.44}$			
BMA	C _F maxi = 20			
QMA	$C_F = 1.5 \times F^{-0.44}$ C _F maxi = 13	$C_T = 1 - \frac{5 (T-20)}{1000}$		
TNC	$C_F = 3.47 \times F^{-0.5}$ C _F maxi = 20			
TNC 18 GHz	$C_F = 3.55 \times F^{-0.44}$ C _F maxi = 20	$C_T = 1 - \frac{7.5 (T-20)}{1000}$		
N	$C_F = 3.47 \times F^{-0.5}$ C _F maxi = 20	$C_T = 1 - \frac{5 (T-20)}{1000}$		
N 18 GHz	$C_F = 4.47 \times F^{-0.52}$ C _F maxi = 20	$C_T = 1 - \frac{7.5 (T-20)}{1000}$		
QN	$C_F = 1.58 \times F^{-0.5}$ C _F maxi = 20			
7/16	$C_F = 2.51 \times F^{-0.46}$ C _F maxi = 15			

ALTITUDE/PRESSION (pour info)

Altitude (Km)	0	6	12	18
Altitude (pieds)	0	20.000	40.000	60.000
Pression (mbar)	1.000	480	200	80

Une gamme complète de produits de puissance est également disponible.

COMPACT	D1 D004 BE
MMS	D1 C209 CE
MMT	D1 C210 CE
MCX	D1 C113 CE
SMB	D1 C114 CE
SMA	D1 C125 CE
BMA	D1 C128 DE

QMA	D1 C123 CE
TNC-TNC 18 GHz	D1 C143 CE
N	D1 C161 CE
N 18 GHz	D1 C163 CE
QN	D1 C164 CE
7/16	D1 C185 CE



RADIAL dispose de deux bancs de puissance, l'un à 935 MHz et l'autre à 17.6 GHz. Ces bancs de mesure permettent de réaliser des essais de puissance sur des produits coaxiaux et hyperfréquence, à température spécifiée ou sous vide spatial.



Banc 1



Banc 2

CARACTERISTIQUES

	Banc 1	Banc 2
Fréquence	935 MHz	17,6 GHz
Enceinte vide spatial température pression	de -60°C à +100°C de la pression ambiante à 10-5 mbars	
Puissance maxi	400 W	500W
Centrale de température	16 voies - thermocouple type K	

APPLICATIONS

- Cordons coaxiaux standards
- Cordons coaxiaux SHF pour application spatiale
- Produits de commutation
- Produits hyperfréquence de puissance (charges, coupleurs, atténuateurs,...).