

RÉSISTANCES FIXES de PUISSANCE
NON INDUCTIVES
SILOHM[®]
et RHF



LE CARBONE - LORRAINE

Les résistances **SILOHM**, céramiques, conductrices dans la masse.
Les résistances **RHF**, résistances à couche de carbone.

SOMMAIRE

Applications

Choix d'une résistance 3

Les résistances **SILOHM**[®]

Caractéristiques 5

- Résistances tubes et bâtonnets type RS
 - Gammes de valeurs ohmiques 6
 - Puissance maximale admissible 7
 - Energie dissipable en régimes de décharge 8
 - Caractéristique thermiques 9
 - Dimensions et connexions 10
- Résistances disques et anneaux 11
- Modèles spéciaux 12

Utilisation des résistances **SILOHM**[®] en haute fréquence

Tension maximale admissible
Coefficient de tension 13

Les résistances **RHF**

Caractéristiques

Fonctionnement en régime de surcharge instantanée

Dimensions 15

Gammes de valeurs ohmiques 16

Elles sont principalement utilisées dans les cas de régimes d'impulsions, de régimes transitoires, ainsi que dans les cas où la self-inductance doit être la plus basse possible, comme dans toutes les applications hautes fréquences :

- résistances pour haute fréquence,
- résistances de protection dans les dépoussiéreurs électrostatiques,
- résistances d'amortissement,
- résistances pour générateur haute fréquence,
- antennes fictives d'émetteurs,
- résistances de point neutre d'alternateurs ou de transformateurs,
- résistances de décharge de condensateurs ou de capacités diverses,
- diviseurs de tension,
- résistances de protection contre les surtensions.

Les résistances RHF sont particulièrement recommandées en haute fréquence, quand les énergies à dissiper sont importantes, par exemple, comme :

- résistances pour générateurs haute et très haute fréquence,
- antennes fictives.

Choix d'une résistance

Les critères les plus fréquemment pris en compte sont :

- Nature du courant : continu ou alternatif, gamme de fréquences.
- Paramètres électriques :
 - valeur ohmique,
 - tolérance,
 - mode de fonctionnement.
 - régime permanent :
 - puissance admissible,
 - mode de refroidissement.
 - régime transitoire :
 - énergie dissipable,
 - caractéristique de la décharge,
 - durée de la décharge,
 - temps entre deux décharges.
 - tension appliquée.
- Caractéristiques dimensionnelles.

Selon les cas d'application, la priorité entre les différents paramètres de choix d'un modèle peut être différente.

Enfin, les groupements classiques de résistances (série, parallèle, série-parallèle) permettent de choisir l'ensemble de résistances qui solutionne un problème donné.



Les résistances fixes **SILOHM** sont des résistances céramiques conductrices dans la masse, non inductives, de grande puissance spécifique.

Leur valeur ohmique est pratiquement indépendante de la tension et de l'élévation de la température, elles reprennent leur valeur nominale après contraintes, à condition que ces dernières ne dépassent pas les limites prescrites.

Elles ont une grande capacité d'absorption d'énergie transitoire et sont capables de supporter des puissances très importantes pendant des temps très courts.

Selon les gammes de valeurs ohmiques, leur présentation diffère par la forme :

- tubes,
- bâtonnets,
- disques et anneaux,
- modèles spéciaux.

Caractéristiques

| | |
|---|--|
| - Masse volumique : | 2 à 2,3 g. cm ⁻³ |
| - Capacité thermique massique : | 0,62 J.g ⁻¹ . K ⁻¹ |
| - Résistance à l'écrasement : | 25 MPa |
| - Coefficient de température : | -0,05 à -0,09 % K ⁻¹ |
| - température superficielle admissible (dans l'air) : | 150 à 220 °C |
| - Coefficient de dilatation entre 20 °C et 400 °C : | 4,5.10 ⁻⁶ K ⁻¹ |
| - Résistivité : | 1 à 3000 microhm.cm |
| - Coefficient de tension : | -0,12 % à -0,75 % kV ⁻¹ |
| - Gradient de tension maximal (air) : | 1,2 kV.cm ⁻¹ |

Résistances **SILHOM**, tubes et bâtonnets type RS

Gamme des valeurs ohmiques

TABLEAU 1 : gamme générale

| TYPE * | OHM | | | | | | LIMITES EN Ω DE LA GAMME | |
|--------|-----|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------------------|-------|
| | 1 | 10 | 10 ² | 10 ³ | 10 ⁴ | 10 ⁵ | | |
| RS0 | | ■ | ■ | ■ | | | 10 | 1000 |
| RS1 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | 2,2 | 15000 |
| RS2 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | 1 | 6800 |
| RS3 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | 3,3 | 15000 |
| RS4 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | 2,2 | 6800 |
| RS5 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | 2,2 | 4700 |
| RS6 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | 6,8 | 82000 |
| RS7 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | 3,3 | 30000 |

* Dimensions : voir page 9

TABLEAU 2 : valeurs ohmiques normalisées

Nous recommandons d'utiliser les valeurs des séries E6 (chiffres gras) et E12 (ensemble des valeurs) de la norme CEI 63/NFC 93010/CCTU 01.05.

| 1 Ω à 10 Ω | 10 Ω à 100 Ω | 100 Ω à 1000 Ω | 1000 Ω à 10000 Ω | 10000 Ω à 100000 Ω |
|--------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 10 | 100 | 1000 | 10000 |
| 1,2 | 12 | 120 | 1200 | 12000 |
| 1,5 | 15 | 150 | 1500 | 15000 |
| 1,8 | 18 | 180 | 1800 | 18000 |
| 2,2 | 22 | 220 | 2200 | 22000 |
| 2,7 | 27 | 270 | 2700 | 27000 |
| 3,3 | 33 | 330 | 3300 | 33000 |
| 3,9 | 39 | 390 | 3900 | 39000 |
| 4,7 | 47 | 470 | 4700 | 47000 |
| 5,6 | 56 | 560 | 5600 | 56000 |
| 6,8 | 68 | 680 | 6800 | 68000 |
| 8,2 | 82 | 820 | 8200 | 82000 |

Les résistances de valeurs ohmiques ci-dessus sont normalement disponibles sur stock.

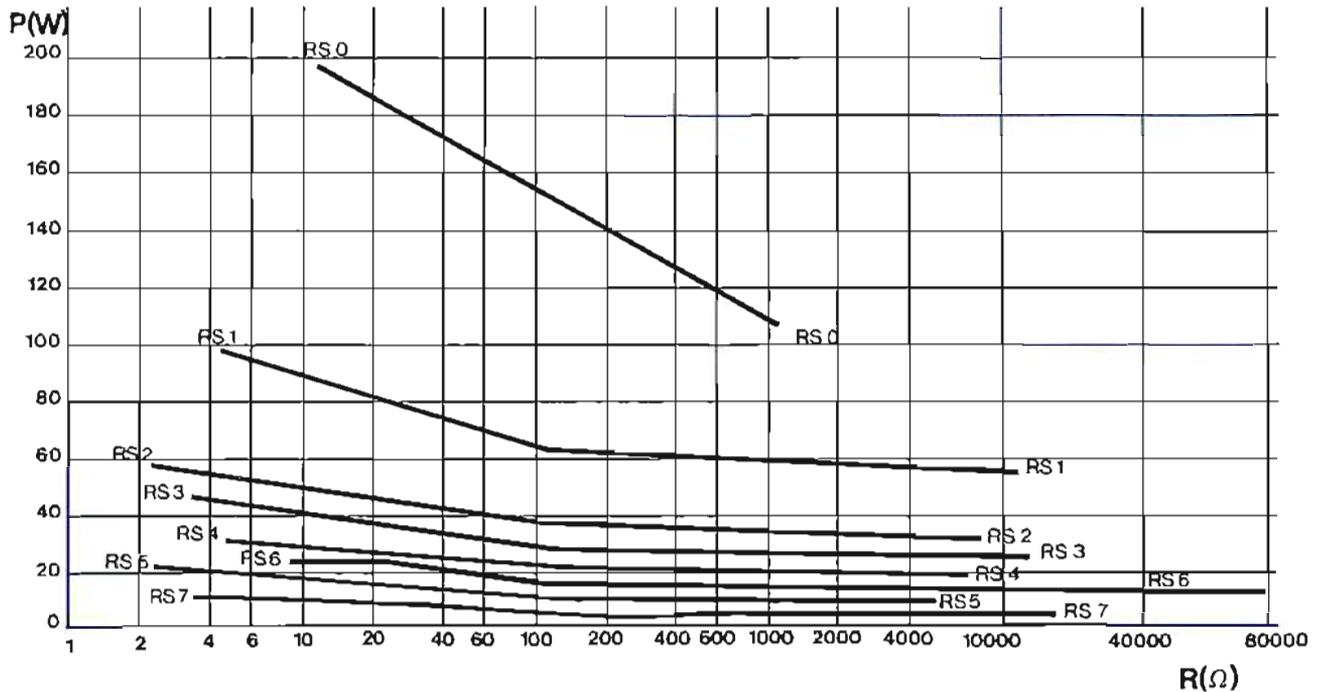
D'autres valeurs ohmiques peuvent être réalisées, mais elles ne correspondent pas à des fabrications standard : nous consulter.

TABLEAU 3 : tolérances en % sur la valeur ohmique de la résistance à 25 °C

| $\pm 20\%$ (E6) | $\pm 10\%$ (E12) | $\pm 5\%$ |
|-----------------|------------------|-------------|
| Standard | Standard | Sur demande |

Puissance maximale admissible en fonction de la résistance des tubes et bâtonnets type RS

dans l'air calme à 25 °C



La température maximale que peuvent supporter les résistances **SILOHM**, tout en conservant leurs caractéristiques, détermine la puissance admissible. Les températures superficielles à ne pas dépasser sont les suivantes :

- pour les valeurs ohmiques de 1 à 100 ohms 220 °C
- pour les valeurs ohmiques de 100 à 1000 ohms 180 °C
- pour les valeurs ohmiques de 1000 à 100000 ohms 150 °C

On remarque que la puissance admissible pour un type donné dépend de la valeur ohmique.

Les résistances **SILHOM** peuvent sans inconvénient fonctionner dans l'eau pure ou dans l'huile * ; des puissances sensiblement plus élevées sont admissibles par refroidissement (voir Nota). Le tableau 4 illustre l'importance de ce refroidissement : il indique, suivant le mode de refroidissement adopté, quelques coefficients par lesquels les puissances maximales admissibles en air calme à 25 °C peuvent être multipliées. Ces valeurs sont données pour une utilisation en haute fréquence.

* Dans ce cas d'application, il est conseillé d'utiliser des résistances non vernies.

TABLEAU 4 : refroidissement forcé - Coefficient de puissance

| Conditions ambiantes | | Coefficients | Température de surface maximale en °C |
|----------------------|---------|--------------|---------------------------------------|
| Air | 1 m/s | 1,3 | 150 |
| | 3 m/s | 2,3 | |
| Huile calme | | 3,5 | 100 |
| Circulation d'huile | 5 cm/s | 6 | 100 |
| | 10 cm/s | 10 | |
| Eau calme | | 10 | 100 |
| Circulation d'eau | 5 cm/s | 20 | 100 |
| | 10 cm/s | 40 | |

Energie dissipable en régime de décharges instantanées des résistances type RS

Les résistances **SILOHM**, du fait de leur grande capacité thermique, peuvent absorber des puissances très importantes pendant des temps très courts. En air calme à 25 °C les énergies spécifiques admissibles (correspondant à une température de surface de 150 °C) sont pour une décharge de :

- 0,01 s environ : 175 J/cm³
- 0,1 s environ : 210 J/cm³
- 1 s environ : 250 J/cm³

Comme pour les puissances, le tableau ci-dessous indique les coefficients par lesquels l'énergie maximale en air calme à 25 °C peut être multipliée, selon le mode de refroidissement adopté, et en fonction du temps d'application de la décharge.

TABLEAU 5 : Energie maximale dissipable - Coefficient d'énergie

| Conditions ambiantes | | Coefficients | | | | Température de surface maximale (°C) |
|----------------------|---------|-------------------|-------|-----|------|--------------------------------------|
| | | Temps de décharge | | | | |
| | | 0,01 s | 0,1 s | 1 s | 10 s | |
| Air | 1 m/s | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 150 |
| | 3 m/s | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 2 | |
| Huile calme 25 °C | | 1 | 1 | 1,6 | 3 | 100 |
| Circulation d'huile | 5 cm/s | 1 | 1,2 | 1,6 | 3 | 100 |
| | 10 cm/s | 1,25 | 1,25 | 2 | 4 | |
| Eau calme | | 1 | 1 | 1,6 | 4 | 100 |
| Circulation d'eau | 5 cm/s | 1 | 2 | 7 | 12 | 100 |
| | 10 cm/s | 1,5 | 3 | 15 | 25 | |

Succession de décharges isolées de courte durée

Si entre 2 décharges successives et de **courte durée**, la résistance a le temps de se **refroidir complètement**, l'énergie totale susceptible d'être absorbée, durant une décharge, par une résistance **SILOHM** donnée, qui fonctionne dans l'air calme à 25 °C, est indiquée dans le tableau 6. Les temps de refroidissement sont donnés dans les graphiques page 9.

Dans le cas d'une série de décharges très rapprochées, si la résistance n'a pratiquement pas le temps de se refroidir entre chacune d'elle, même partiellement, il faut assimiler cette série de décharges à une décharge unique et utiliser les énergies admissibles données dans le tableau 6 ; bien entendu, entre chaque série de décharges la résistance doit avoir le temps de se refroidir complètement.

TABLEAU 6 : énergies totales admissibles en air calme à 25 °C pour chaque type de résistance **SILOHM** (exprimées en kilojoules)

| TYPE | Temps d'application de la décharge | | | |
|------|------------------------------------|-------|------|------|
| | 0,01 s | 0,1 s | 1 s | 10 s |
| RS 0 | 76 | 93 | 110 | 110 |
| RS 1 | 14 | 17 | 20 | 20 |
| RS 2 | 8,4 | 10,2 | 12 | 12 |
| RS 3 | 6 | 8 | 9 | 9 |
| RS 4 | 3,9 | 5,3 | 6 | 6 |
| RS 5 | 2,7 | 3,7 | 5,2 | 4,2 |
| RS 6 | 1,7 | 2 | 2,5 | 2,5 |
| RS 7 | 0,9 | 1 | 1,20 | 1,20 |

Décharges successives de courte durée

Si des décharges identiques ont lieu à des intervalles de temps égaux et que la résistance ait le temps de se refroidir partiellement entre chaque décharge, les graphiques de la page 8 permettent de déterminer l'énergie maximale admissible pour chaque décharge du cycle considéré. Ces graphiques permettent aussi de vérifier qu'un cycle de décharge complexe ne conduit pas à un échauffement excessif des résistances.

Décharges de moyenne durée

Les résistances **SILOHM** peuvent fonctionner sous des puissances supérieures à celles données par le graphique page 6, mais durant un temps limité.

Ce temps peut être approximativement estimé à l'aide des graphiques page 8.

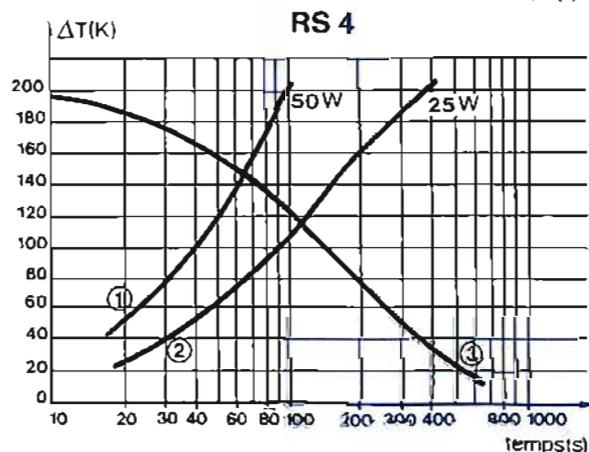
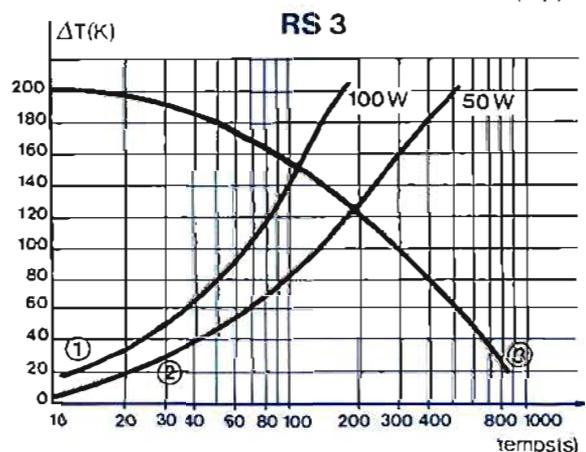
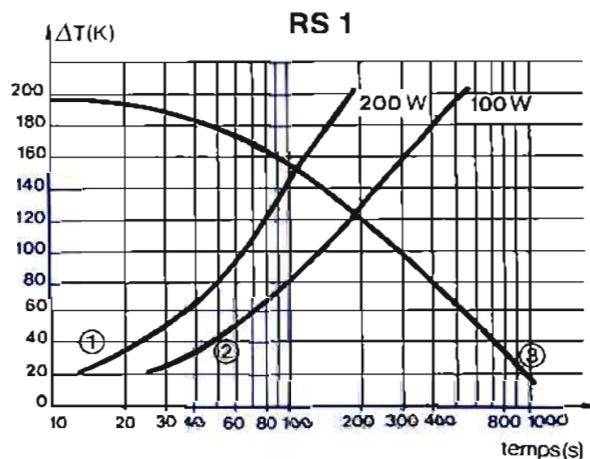
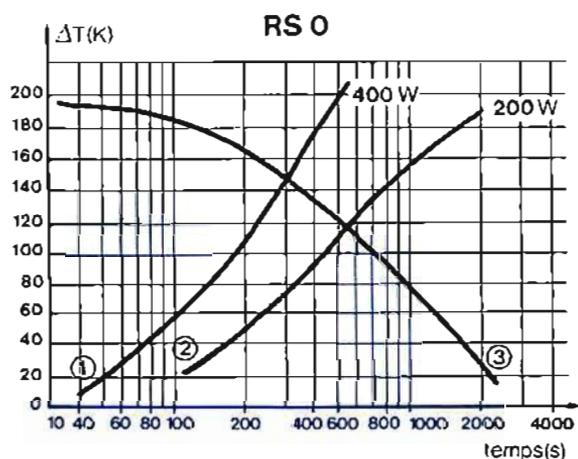
Caractéristiques thermiques des résistances tubes et bâtonnets type RS

La capacité thermique massique des résistances **SILOHM** qui est de $0,62 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ permet de calculer l'échauffement d'une résistance connaissant sa masse, à condition que les échanges thermiques avec l'extérieur soient négligeables. Cela se produit pour des décharges de courte durée.

Dans le cas contraire, les courbes ci-après permettent, par interpolation ou extrapolation, d'estimer l'échauffement en fonction du temps en cas de décharges à puissance constante, supérieure à la puissance admissible en régime permanent et de déterminer les temps de refroidissement entre chaque décharge.

COURBE $\Delta T = f(t)$ DONNANT l'ÉCHAUFFEMENT et le REFROIDISSEMENT en FONCTION du TEMPS

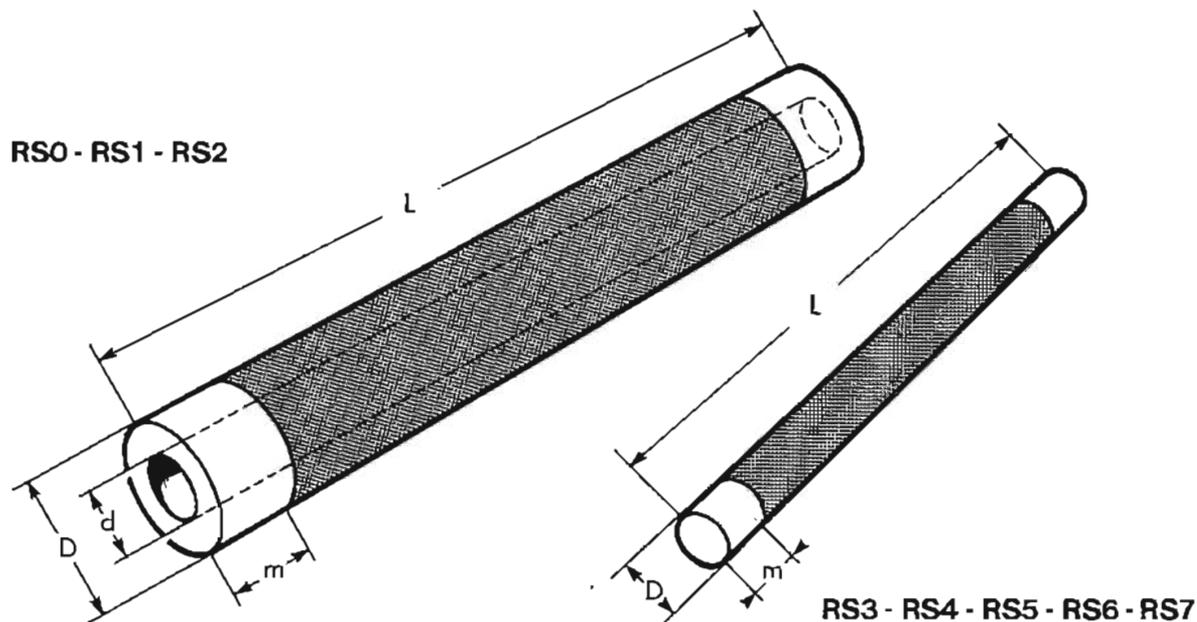
① et ② , Courbes d'échauffement - ③ , Courbe de refroidissement



Remarque 1 : Quand la résistance dissipe une puissance supérieure à 2 fois celle de la courbe 1, déterminer les échauffements à l'aide de la capacité thermique massique $0,62 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Pour les puissances comprises entre celle de la courbe et la puissance double, interpolier entre la courbe 1 et la courbe établie pour cette puissance double à l'aide du coefficient ci-dessus.

Remarque 2 : Pour les résistances ayant même diamètre que le type mentionné sur le graphique, mais une longueur plus petite, on peut admettre que, pour un échauffement donné, la durée pour l'obtenir (dans les mêmes conditions de puissance par unité de longueur) est la même, mais majorée de 5 %.

Dimensions et connexions des résistances tubes et bâtonnets type RS



| TYPE | POIDS (g) | L (mm) | D (mm) | d (mm) | m (mm) |
|------|-----------|--------|---------------------------------|--------|--------|
| RS0 | 910 | 300±4 | 50 ⁺² ₀ | 25 | 30 |
| RS1 | 172 | 250±3 | 25 ^{+1,5} ₀ | 15 | 22 |
| RS2 | 105 | 150±3 | 25 ^{+1,5} ₀ | 15 | 17 |
| RS3 | 77 | 150±3 | 18 ⁺¹ ₀ | | 15 |
| RS4 | 55 | 100±3 | 18 ⁺¹ ₀ | | 15 |
| RS5 | 38 | 70±3 | 18 ⁺¹ ₀ | | 12 |
| RS6 | 23 | 125±3 | 10 ^{+0,5} ₀ | | 15 |
| RS7 | 10 | 60±2 | 10 ^{+0,5} ₀ | | 10 |

Les extrémités des résistances sont métallisées au laiton. Sur demande, elles peuvent être étamées ou argentées (nous consulter).

Le corps de la partie active est généralement verni pour une utilisation dans l'air et non verni pour une utilisation dans un liquide.

Accessoires de connexion

Des colliers standard de fixation et de connexion électrique, en laiton étamé, sont fournis sur demande. Demander notre notice spéciale.

Des capsules d'extrémité avec sorties axiales en fil de cuivre étamé peuvent être montées sur demande pour les types RS3, RS4, RS5, RS6, RS7.

Des sorties latérales en fil de cuivre étamé peuvent être montées sur les types RS6 et RS7.

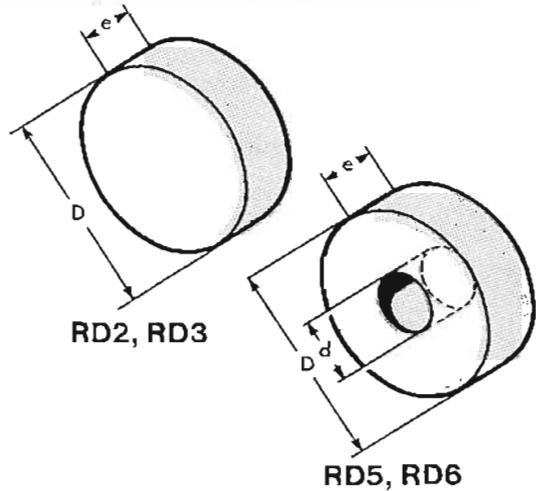
Pour tout autre mode de connexion, nous consulter.

Résistances SILOHM[®] , disques et anneaux

Leurs caractéristiques physiques et électriques sont identiques aux modèles cylindriques, elles diffèrent par leurs formes et leurs valeurs ohmiques.

Valeurs ohmiques : les résistances SILOHM, disques et anneaux sont réalisées à la demande d'un centième d'ohm à quelques ohms ; cependant nous recommandons d'utiliser les valeurs des séries E6 et E12 (norme CEI). Nous consulter.

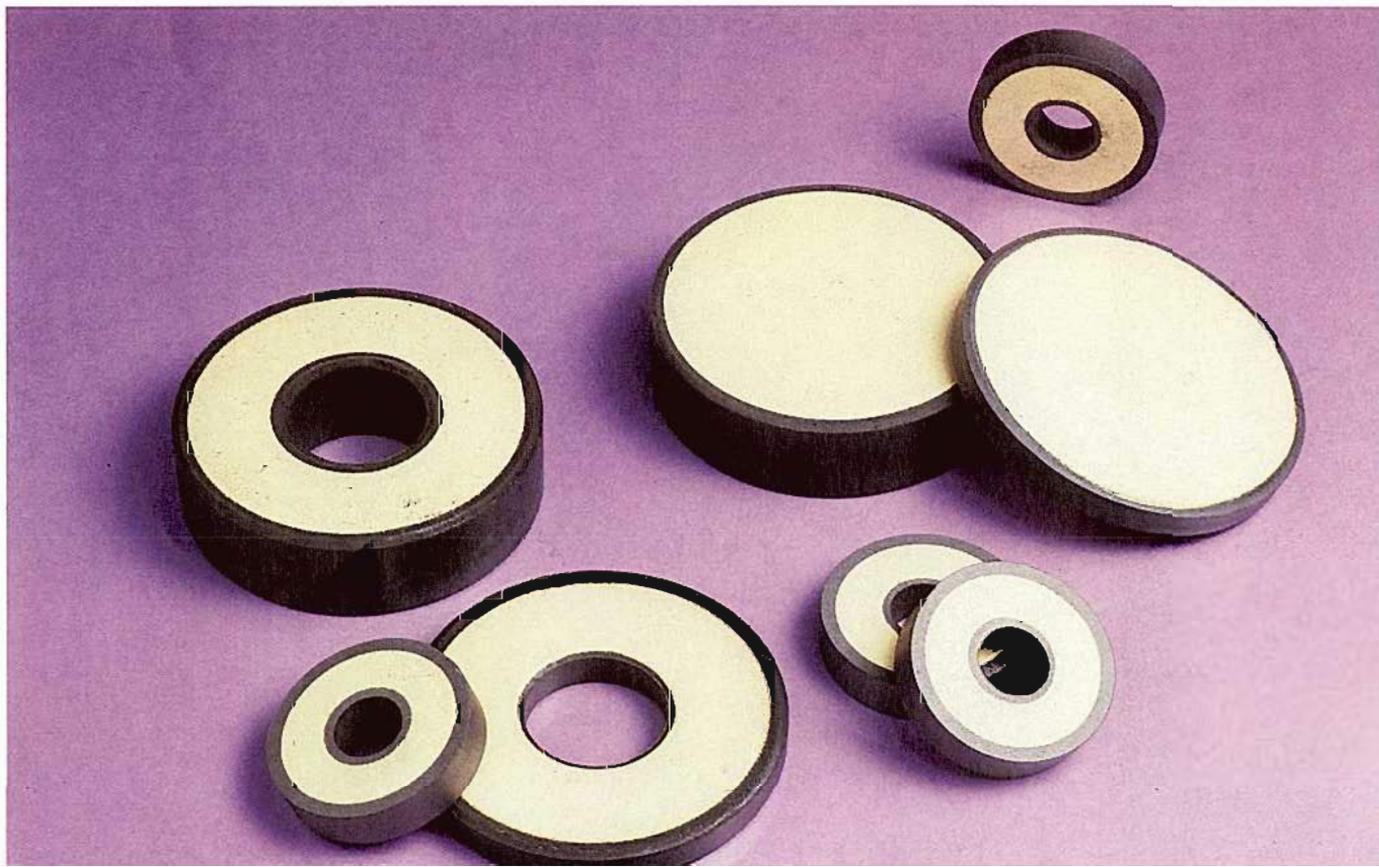
Tolérances (sur la résistance à 25 °C) : les tolérances standard sont $\pm 10\%$ pour la série E12, $\pm 20\%$ pour la série E6, et $\pm 5\%$ sur demande.



Dimensions - Puissance

| Référence | DIMENSIONS | | | PUISSANCE (W) à 25 °C en air calme | |
|------------|------------|---------|-----------|---------------------------------------|----|
| | D (mm) | d (mm) | e (mm) | | |
| RD2 | 89 | | 10 25 | 15 | 30 |
| RD3 | 47 | | 10 25 | 4 | 8 |
| RD5 | 89 | 33 | 10 25 | 13 | 25 |
| RD6 | 48 | 16 | 10 25 | 3 | 6 |
| Tolérances | ± 3 | ± 3 | $\pm 1,5$ | | |

L'écart maximum sur le (ou les) diamètre(s) n'excède pas 1 mm pour des résistances d'une valeur ohmique déterminée.



Modèles spéciaux

Nous fabriquons aussi des résistances de petites dimensions (\varnothing mini = 3 mm) avec sorties à fil ou non, ou sous d'autres formes encore. Nous consulter.

Quelques exemples :



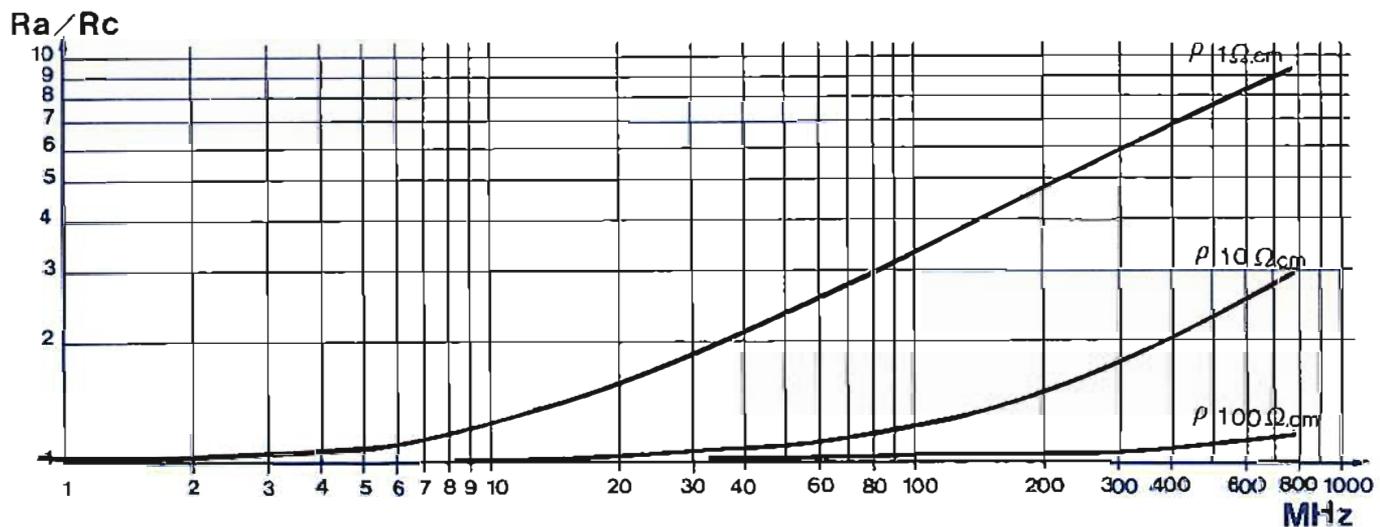
Utilisation des résistances **SILOHM**[®] en haute fréquence

Les résistances **SILOHM** ont une self-inductance négligeable, jusqu'à 25 MHz l'augmentation de résistance est très faible.

Suivant la résistivité et le diamètre de la résistance utilisée, un fonctionnement jusqu'à 100 MHz est possible sans tenir compte de l'augmentation de résistance due à l'effet Kelvin.

A titre d'exemple, le graphique ci-dessous donne pour des modèles RS4 de valeurs ohmiques 2,75 ohms, 27,5 ohms et 275 ohms les rapports de la résistance en alternatif à la résistance en courant continu en fonction de la fréquence.

VALEURS du RAPPORT R_a/R_c
en fonction de la fréquence pour des matières **SILOHM**
de $1 \Omega \cdot \text{cm}$, $10 \Omega \cdot \text{cm}$ et $100 \Omega \cdot \text{cm}$ de résistivité



Tension maximale admissible

Le gradient de tension maximal admissible dépend des conditions extérieures (état de propreté de la surface de la résistance, humidité, etc.).

A titre indicatif, nous signalons qu'un gradient de tension de l'ordre de 1200 V/cm de longueur utile (longueur entre parties métallisées) est admissible, sans précaution particulière, dans l'air ambiant industriel.

Coefficient de tension

Les valeurs du coefficient de tension mentionnées ci-après sont données à titre indicatif et représentent des moyennes.

RS0 — 0,12 % kV^{-1}

Autres types — 0,40 % kV^{-1} .



Ces résistances fixes, constituées d'une couche de carbone sur un support en stéatite, ne sont pas spiralées afin de rendre négligeable leur self-inductance.

Leurs extrémités sont argentées.

Nous fournissons, sur demande, des colliers pour les modèles RHF 1 et RHF 2.

Caractéristiques

| TYPE | Puissance admissible pour une température de surface de 140 °C (W) |
|-------|--|
| RHF 1 | 10 |
| RHF 2 | 20 |
| RHF 3 | 80 |

- Coefficient de tension : $-0,001\% V^{-1}$
- Coefficient de température : $-0,05\% K^{-1}$
- Fréquence maximale : nos résistances haute fréquence RHF sont utilisables jusqu'à 10000 MHz.

Fonctionnement en régime de surcharge instantanée

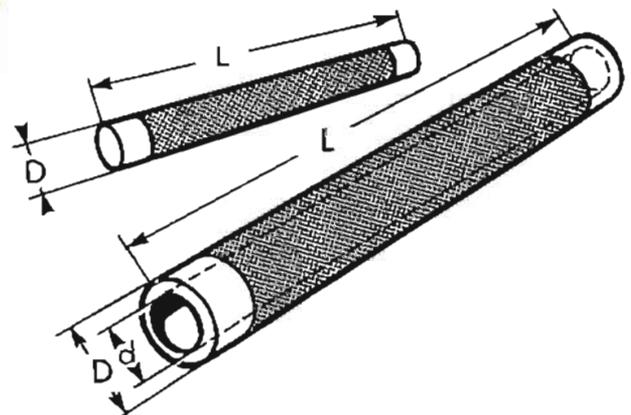
Ce type de résistances peut supporter une élévation considérable de la puissance admissible lorsque la résistance est placée dans une enceinte avec une circulation d'eau intense. Des essais ont été effectués, notamment sur la RHF 2, et les résultats suivants ont été obtenus :

- Circulation d'eau de 10 cm.s^{-1} 12 kW
- Circulation d'eau de 1 m.s^{-1} 1,4 kW

La résistance HF doit alors être placée dans un tube de verre protecteur dans lequel circule de l'eau distillée très pure afin d'éliminer les phénomènes d'électrolyse.

Dimensions

| TYPES | Dimensions en mm | |
|-------|------------------|---------|
| RHF 1 | D = 12 | L = 80 |
| RHF 2 | D = 12 | L = 150 |
| RHF 3 | D = 30 d = 22 | L = 300 |



Gammes des valeurs ohmiques

gamme générale

| TYPE | Ohm | | | Limites en Ω de la gamme | |
|-------|-----|--------|--------|------------------------------------|------|
| | 10 | 10^2 | 10^3 | | |
| RHF 1 | | | | 15 | 330 |
| RHF 2 | | | | 15 | 680 |
| RHF 3 | | | | 33 | 1000 |

Valeurs ohmiques normalisées

Nous recommandons d'utiliser les valeurs ohmiques de la série E12 (norme CEI 63/NFC 93010/CCTU 01.05).

| 10 Ω à 100 Ω | | 100 Ω à 1000 Ω | |
|----------------------------|--|------------------------------|--|
| 10 | | 100 | |
| 12 | | 120 | |
| 15 | | 150 | |
| 18 | | 180 | |
| 22 | | 220 | |
| 27 | | 270 | |
| 33 | | 330 | |
| 39 | | 390 | |
| 47 | | 470 | |
| 56 | | 560 | |
| 68 | | 680 | |
| 82 | | 820 | |

Tolérances (sur la résistance à 25 °C)

Les résistances RHF sont réalisées avec une tolérance de $\pm 10\%$ sur la valeur normale.