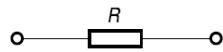


## LES RESISTANCES

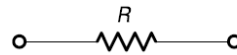
### I. Définition

Une résistance est constituée de matériau ayant une forte résistivité. Elle s'oppose au passage du courant dans un circuit électrique. On l'utilisera donc en général pour limiter le courant dans un circuit. Le passage de ce courant provoque un échauffement de la résistance.

Symbole :



norme européenne



norme américaine

### II. Variétés technologiques :

De nombreuses technologies existent pour la fabrication des résistances, mais seules quelques-unes apparaissent fréquemment. On cite par exemple :

#### 1. Les résistances au carbone aggloméré

Cette technologie n'est citée que pour mémoire puisque plus aucune résistance n'est construite avec ce procédé. Elles sont constituées de mélange de poudre de carbone cuit au four. La valeur de la résistance sera d'autant plus faible que la concentration en carbone sera plus grande.

- ▶ Elles sont solides, pas chères, peu stable, elles ont un bruit important.
- ▶ Elles sont remplacées de nos jours par les résistances à couche de carbone.

#### 2. Les résistances à couches de carbone.

Elles sont constituées d'un dépôt de carbone mince sur un tube de verre. On ajuste la valeur ohmique en traçant un sillon hélicoïdal directement sur le carbone. Les résistances à couche de carbone sont de loin les plus répandues. Elles sont destinées à tous les usages courants. Leurs performances sont correctes et leur prix est faible. On les rencontre dans des gammes de précision moyenne : 5 %. La dissipation maximale peut aller jusqu'à 2W (on trouve

essentiellement 1/4W, 1/2W, 1W et 2W). Ces résistances sont toujours marquées par le code des couleurs.

- ◆ Valeur nominale : de  $10\Omega$  à  $20M\Omega$ .
- ◆ Puissance : de 0,25W à quelques Watts.
- ◆ Précision :  $\pm 1\%$  à  $\pm 10\%$ .
- ◆ Tenue en fréquence : moyenne ( inférieur à 10MHz).

▶ Elles sont solides, pas chères, moyennement stable, elles ont peu de bruit.

▶ de moins en moins utilisées au profit des résistances à couche métallique.

### 3. Les résistances à film métallique

Ces résistances ont exactement la même structure que les résistances à couche de carbone. Mais au lieu de carbone, c'est un film métallique de Ni-Cr qu'on dépose, par vaporisation sous vide, sur le cylindre de céramique. Pour les grandes valeurs, on réalise également le film en spirale.

- Meilleurs stabilité (c'est-à-dire que leur valeur ne se modifie pas beaucoup au cours du temps).
- Plus grande précision
- Tenue en fréquence : jusqu'à 100Mhz (mais pas pour les plus grandes valeurs de résistances)
- Plus chères

C'est avec ce type de construction que l'on trouve sur le marché des résistances de puissance (quelques mW) de très faibles valeurs, depuis  $0,005\Omega$ , pour des applications spéciales et qui peuvent remplacer les résistances bobinées.

### 4. Les résistances à couche métallique

Les résistances à couche métallique ont des caractéristiques supérieures, mais leur prix est un peu plus élevé. Elles sont destinées aux applications professionnelles et elles prennent une part croissante du marché. Leur précision est bonne : parfois 5 %, mais aussi 2 % ou 1 %.

La dissipation maximale peut aller jusqu'à 1 W ou 2 W. Le marquage est parfois effectué avec le code des couleurs, mais les séries de précision sont souvent marquées en clair : la valeur et la tolérance sont indiquées en chiffres sur le corps du composant (par exemple  $1\text{ k}\Omega \pm 1\%$ ).

- ◆ Valeur nominale : de  $1\Omega$  à  $100M\Omega$ .
- ◆ Puissance : de 0,25W à quelques Watts.
- ◆ Précision :  $\pm 0,05\%$  à  $\pm 5\%$ .
- ◆ Tenue en fréquence : Bonne. ( jusqu'à 100MHz )
- ▶ Elles sont plus chères, très stables, ont un bruit très faible.
  
- ▶ Elles dominant en ce moment le marché.

## 5. Les résistances bobinées

Pour des puissances plus élevées, on dispose de résistances bobinées. Ces résistances sont constituées d'un fil métallique résistif enroulé sur un noyau isolant. Les résistances se présentent alors sous diverses formes :

- moulées : les plus faibles puissances dans ce type (de 0,75 à 2W).
- laquées,
- vitrifiées : très résistantes. Puissances de 13 à 320W en série normale et de 180W à 600W (traction électrique). Série E24.

Le marquage est en clair. Les tolérances sont assez moyennes (10 %, 5 %... ) bien qu'il existe des séries de bonne précision, mais à des prix élevés.

▶ Elles sont précises et stables.

**Utilisation** : essentiellement pour de fortes puissances

**Inconvénient** : Du fait de leur fabrication en forme de bobine, on ne peut les utiliser qu'en faible fréquence car sinon elles se comportent comme une véritable inductance (bobine).

Il existe une multitude de boîtiers pour les résistances de puissance. Par exemple montée par vis pour éviter la soudure sur des éléments qui vont être très sollicités en température (fonctionnement au-dessus du point de fusion de l'étain). Les résistances de puissances de forme tubulaires doivent impérativement être montées verticales (effet cheminée) pour pouvoir dissiper leur puissance nominale.

## III. Propriétés

### 1. Loi d'Ohm

Une résistance est un dipôle (composant à deux bornes) tel que la tension  $U$  à ses bornes est proportionnelle au courant  $I$  qui le traverse (loi d'Ohm) :

$$U = R.I$$

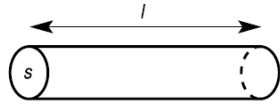
Unité de mesure de  $R$  : Ohm ( $\Omega$ )

Tableau des multiples et sous-multiples

Nom	Symbole	Valeur en $\Omega$
Milliohm	$m\Omega$	0,001
Kilo-ohm	$k\Omega$	1 000
Mégohm	$M\Omega$	1 000 000

### 2. Résistivité

La résistance dépend à la fois des dimensions du conducteur et de sa nature. Par exemple, la résistance d'un fil est définie par :



$$R = \rho \frac{l}{s}$$

Le coefficient  $\rho$  est caractéristique d'un matériau donné et se nomme résistivité. L'unité de résistivité est l'ohm-mètre (symbole  $\Omega.m$ ) puisque  $l$  s'exprime en mètres et  $s$  en mètres carrés.

### 3. Effet Joule

Une résistance parcourue par un courant consomme une énergie électrique et la transforme en chaleur ; c'est l'effet Joule. La puissance correspondante (qui correspond à un débit d'énergie) s'exprime par l'une des trois formules, équivalentes grâce à la loi d'Ohm :

$$P = UI = RI^2 = \frac{U^2}{R}$$

Unités de puissance : W ou le mW

La puissance dissipée par effet Joule dans un composant est un problème important en électronique. Tout d'abord, il s'agit d'une puissance perdue pour le circuit électrique et qui doit donc lui être fournie (en général par une source de tension continue), et ensuite, il se pose souvent un problème d'évacuation de la chaleur créée car les petites dimensions des montages rendent difficiles les échanges thermiques. Ces questions se posent essentiellement pour les montages qui traitent des courants assez élevés comme les amplificateurs de puissance ou les alimentations.

## IV. Caractéristiques des résistances

### 1. La valeur nominale

C'est la valeur de référence qui figure sous forme codée sur le composant.

### 2. La précision (tolérance)

Du fait des tolérances de fabrication, la résistance réelle est un peu différente de la valeur nominale. Les constructeurs donnent une fourchette dans laquelle peut se trouver cette valeur. Cette tolérance est exprimée en % de la valeur nominale.

Exemple :  $R = 10 \text{ k}\Omega$ , tolérance 5 % ,

Ce composant peut avoir une résistance réelle comprise entre 9,5 k $\Omega$  et 10,5 k $\Omega$  puisque 5 % de 10 k $\Omega$  correspond à un écart de 0,5 k $\Omega$ .

### 3. Les valeurs normalisées

Toutes les valeurs de résistances n'existent pas et de manière générale, on ne les fabrique pas à la demande. Les valeurs proposées par les constructeurs apparaissent dans diverses listes normalisées (Le chiffre indique le nombre de valeurs dans la série)

série E6 tolérance  $\pm 20\%$ , série E12 tolérance  $\pm 10\%$ , série E24 tolérance  $\pm 5\%$ ,

série E48 tolérance  $\pm 2\%$ , série E96 tolérance  $\pm 1\%$ , série E192 tolérance  $\pm 0,5\%$ .

Les séries les plus courantes sont la E12 et E24 :

**Valeur de la série E12 :** 10 – 12 – 15 – 18 – 22 – 27 – 33 – 39 – 47 – 56 – 68 – 82

**Valeur de la série E24 :** 10 – 11 – 12 – 13 – 15 – 16 – 18 – 20 – 22 – 24 – 27 – 30 – 33 – 36 – 39 – 43 – 47 – 51 – 56 – 62 – 68 – 75 – 82 – 91

Ces valeurs peuvent être prises dans n'importe quelle décade ( x1 x10 x100.....)

**Pour obtenir une valeur n'existant pas dans la série, il faut recourir à des combinaisons (mise en série ou parallèle).**

Les composants courants ont une tolérance de 5 % et même de 10 % pour les expérimentations ordinaires. On fait parfois appel à des résistances de précision, en général à 1 % ou à 2 %.

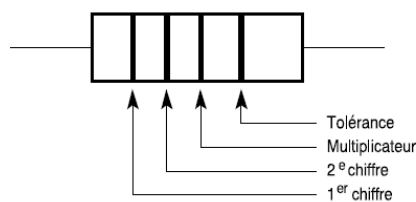
Pour des applications spécifiques (étalonnages), on trouve des éléments très précis : 0,1 % par exemple. Les résistances sont normalement disponibles entre quelques dixièmes d'ohm et quelques dizaines de mégohms, mais les valeurs courantes ne descendent pas en dessous de quelques ohms et ne vont pas au-delà de quelques mégohms.

#### 4. La puissance maximale

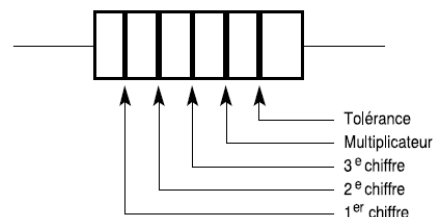
Une résistance dissipe une certaine puissance sous forme thermique : c'est l'effet Joule. Pour un composant donné, il existe une limite technologique de dissipation. Si l'on dépasse cette puissance maximale autorisée, l'élément risque de se dégrader : sa résistance est modifiée sans que cela change forcément l'aspect du composant. Si la limite est fortement dépassée, la résistance noircit et peut même se détruire.

#### 5. Marquage

Les résistances sont en général identifiées par différents anneaux de couleur tracés sur le corps du composant qui indiquent la valeur nominale et la tolérance. Les éléments ordinaires (5 % ou 10 %) comportent quatre anneaux tandis que les éléments de précision (1 % ou 2 %) en ont cinq.



Marquage d'une résistance à 5 % ou 10 %.



Marquage d'une résistance à 1 % ou 2 %.

**Tableau - Code des couleurs pour le marquage des résistances.**

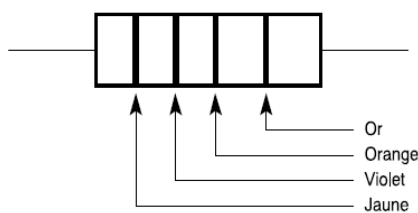
Couleur	1 <sup>er</sup> chiffre	2 <sup>e</sup> chiffre	3 <sup>e</sup> chiffre (éventuel)	Multiplieur	Tolérance
Argent				$\times 0,01 \Omega$	10 %
Or				$\times 0,1 \Omega$	5 %
Noir		0	0	$\times 1 \Omega$	20 %
Marron	1	1	1	$\times 10 \Omega$	1 %
Rouge	2	2	2	$\times 100 \Omega$	2 %
Orange	3	3	3	$\times 1 \text{ k}\Omega$	
Jaune	4	4	4	$\times 10 \text{ k}\Omega$	
Vert	5	5	5	$\times 100 \text{ k}\Omega$	
Bleu	6	6	6	$\times 1 \text{ M}\Omega$	
Violet	7	7	7		
Gris	8	8	8		
Blanc	9	9	9		

### Cas des résistances à 3 bagues

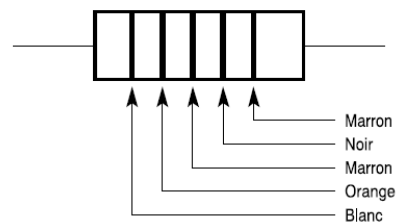
L'absence de bague pour la tolérance (ou une bague noire) indique une précision de 20%. Les deux premières bagues indiquent la valeur parmi la série E6 et la troisième est le multiplicateur comme pour les résistances à 4 bagues.

### Lecture des codes

Exemples :



Valeur nominale :  $R1 = 47 \text{ k}\Omega$  , tolérance : 5%



$R2 = 931 \Omega$  , précision : 1%

### Puissance :

R1 branchée sous 12 volts :  $U = 12\text{V}$

La puissance dissipée par effet joule est alors :

$$P = U^2/R = 0.03\text{W} = 30\text{mW}$$

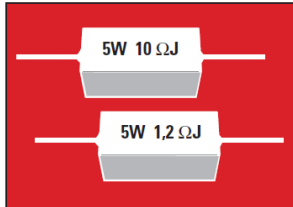
Une résistance de  $\frac{1}{4} \text{ W} = 250\text{mW}$  convient parfaitement. Sous la même tension on branche une résistance de  $470 \Omega$ , la puissance dans ce cas est :

$$P = (12)^2/470 = 0,3W = 300mW$$

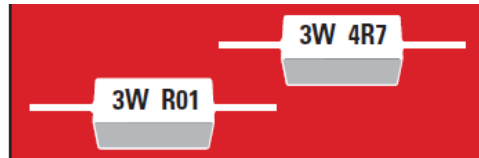
Une résistance de ¼ W est insuffisante, il faut au moins un composant de ½ W.

*D'où l'intérêt à choisir des résistances de valeurs élevées : les puissances dissipées restent alors faibles.*

### Resistance de puissance ou de précision



5W 10Ω et 5W 1.2Ω



3W R01= 0.01Ω et 3W 4R7=4.7Ω

R01 : la lettre R est remplacée par zéro

4R7 : la lettre R est remplacée par la virgule

Exemples : 1R0, 47K5 ou 4M7

La lettre représente à la fois le multiplicateur et la position de la virgule décimale.

R : unités x1

K : kilo x1000

M : méga x1000000

Donc pour les exemples ci-dessus :

1R0 = 1.0 multiplicateur x1 = 1 ohm

47K5 = 47.5 multiplicateur x1000 = 47500 = 47,5 kilohm

4M7= 4.7 multiplicateur x1000000 = 4700000 = 4,7 mégohm

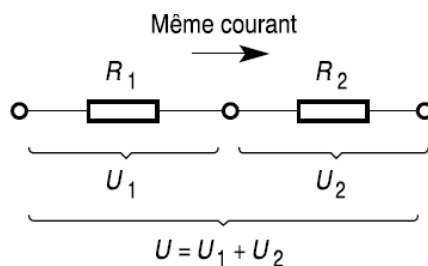
Tolérance :

B=0,1%, C=0,25%, D=0.5%, F=1%, G=2%, J=5%, K=10%, M=20%

exemple : 3K3J = 3,3 kilohm à 5%

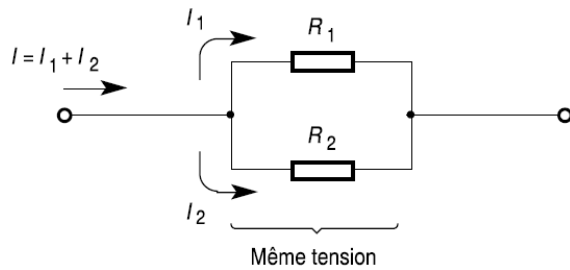
## 6. Associations de résistances

### Association en série



$$R_e = R_1 + R_2$$

## Association en parallèle



En appliquant la loi d'Ohm on obtient :

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\text{D'où : } R_e = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

Si  $R_1 = 1500 \Omega$  et  $R_2 = 1200 \Omega$  alors  $R_e = 666.66 \Omega$  (valeur théorique)

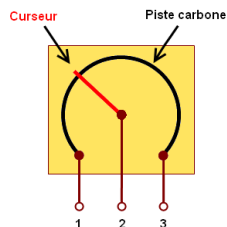
on prend la valeur la plus proche soit :  $680 \Omega$

## V. Utilisations et applications

### 1. Les résistances variables

#### Potentiomètres de réglage

Ces éléments sont utilisés lorsque l'on veut pouvoir régler manuellement un paramètre électrique de façon régulière.



Principe du potentiomètre



Symbole

Les potentiomètres sont soit rotatifs ou à glissière. La loi de variation de la résistance est linéaire ou logarithmique.

**Loi linéaire** : pour un élément de  $10k\Omega$  si on tourne l'axe d'un demi-tour, la résistance de part et d'autre du curseur est égale à  $5k\Omega$ .

**Loi logarithmique** : pour un élément de  $10k\Omega$ , si on place le curseur à mi-course, on trouvera  $1k\Omega$  d'un côté et  $9k\Omega$  de l'autre côté.

Les potentiomètres linéaires peuvent être marqués avec le sigle «A», «C1», «LIN» ou «L».



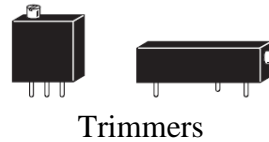
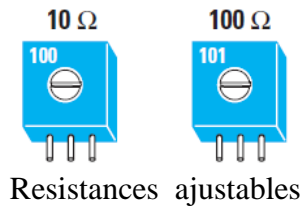
Les potentiomètres logarithmiques peuvent avoir le sigle «B», «C», «C2», «LOG» ou «E», «BR».

La loi logarithmique est notamment employée en audio. Elle est utilisée pour le contrôle du volume de façon à augmenter l'intensité du son de manière logarithmique. En effet notre oreille ne perçoit un doublement du volume sonore que si on quadruple la puissance du son.

Pour des puissances plus élevées, on trouve des potentiomètres bobinés. Les dissipations sont de quelques watts ou quelques dizaines de watts, parfois plus. Les valeurs sont en général celles de la série E3.

### Résistances ajustables

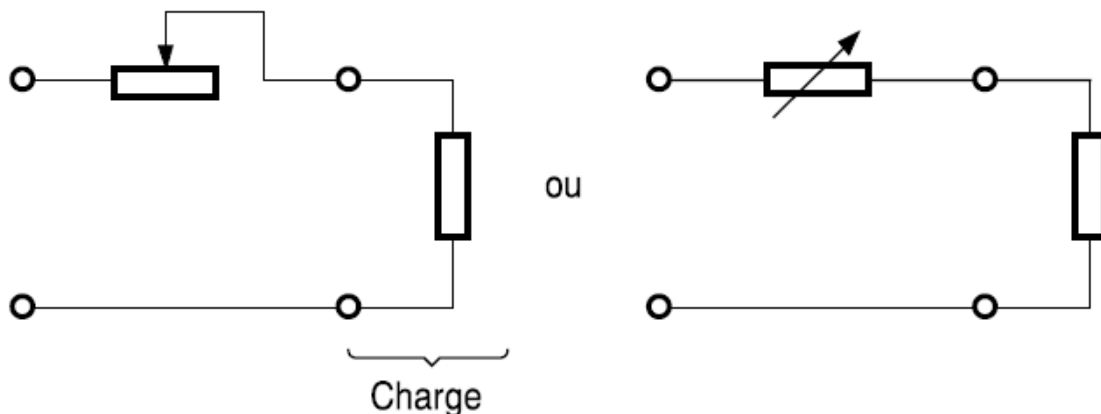
Les résistances ajustables sont formées d'un curseur qui frotte sur une piste de carbone, mais ne possèdent pas d'axe. Il faut se munir d'un tournevis pour les actionner. Lorsqu'une bonne précision de réglage est nécessaire, on fait appel à des ajustables multi tours (parfois appelés trimmers).



## 2.Utilisations

### 2.1Rhéostat

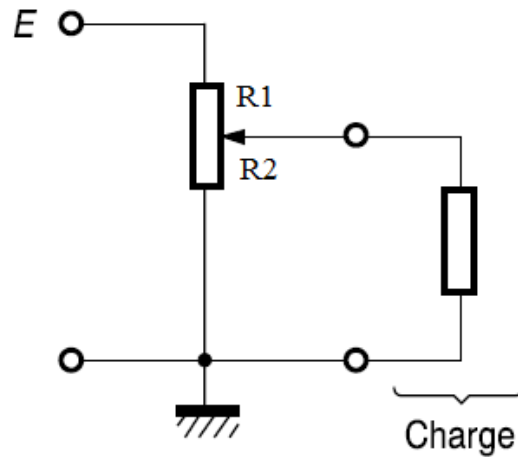
Dans le montage en rhéostat, la résistance variable est en série avec la charge et permet de régler ainsi l'intensité



**Résistance variable montée en rhéostat.**

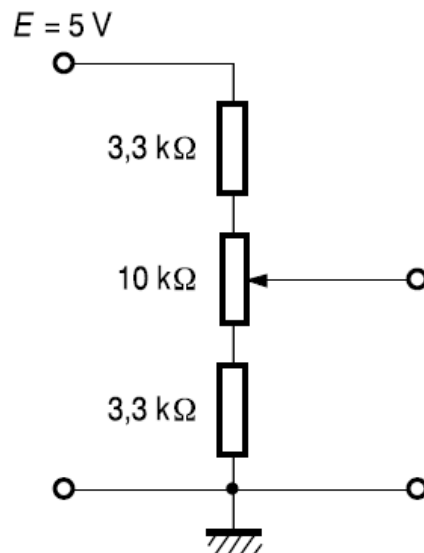
## 2.2 Potentiomètre

Le montage en potentiomètre est un diviseur résistif où  $R_1$  et  $R_2$  sont variables, leur somme restant constante.



### Résistance variable montée en potentiomètre.

On réalise alors un réglage de tension entre 0 et  $E$ . Pour obtenir un réglage entre d'autres limites, on associe au potentiomètre des résistances talons (ou butées).

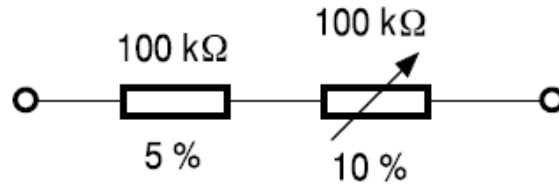


### Potentiomètre avec résistances talons.

Par exemple, on souhaite obtenir un réglage entre 1 V et 4 V avec une alimentation de 5 V. Il faut donc une tension de 3 V aux bornes du potentiomètre et de 1 V aux bornes de chaque résistance talon. Si l'on choisit un potentiomètre de 10 k $\Omega$ , il faut des résistances trois fois plus faibles (puisque le courant est le même dans les trois éléments), ce qui donne 3,3 k $\Omega$ . Cette valeur étant normalisée dans la série E12, on peut directement l'employer dans le montage.

### 2.3 Résistances ajustables

Les résistances ajustables, comme leur nom l'indique, servent à ajuster un paramètre à la valeur désirée, par exemple pour compenser les écarts amenés par les imperfections des composants. Elles sont en général associées à une résistance fixe en série.



**Ajustage d'une résistance.**

### VI. Test et pannes

Utilisation du multimètre.