

Chapitre 1 : Les résistances

1. Introduction

La résistance (Résistor) est l'élément le plus simple, très utilisé en électronique. C'est un composant dit passif, elle conduit l'électricité avec un effet résistif. elle est bidirectionnelle, il n'y a pas de sens obligatoire du passage du courant.

2. Variétés technologiques

Les conducteurs ohmiques (ou « résistances ») utilisés en électronique se classent essentiellement en deux catégories : les résistances au carbone et les résistances métalliques.

2.1. Les résistances au carbone

Elles se divisent aussi en 2 catégories :

2.1.1. Résistances agglomérées

Les résistances agglomérées sont formées d'un mélange de carbone et de matière isolante. Le pourcentage de carbone détermine la valeur de la résistance. Les caractéristiques obtenues sont très moyennes, mais la fiabilité ainsi que le faible coût de ces résistances en faisait des composants couramment employés dans les montages électroniques. Maintenant elles sont remplacées par les résistances à couche de carbone. Elles se reconnaissent par leur forme cylindrique de couleur brune.



Figure 1.1 : Vu de l'intérieur d'une résistance agglomérée

2.1.2. Résistances à couche de carbone

Les résistances à couches de carbone se font par pyrolyse en atmosphère d'hydrocarbure (méthane, butane ou benzène) et d'argon. Le carbone se dépose sur de petits bâtons isolant servant de support, ensuite on fixe aux extrémités des broches de connexion.

Elles se reconnaissent par leur forme plus épaisse sur les bords et par leur laque beige/brun clair.

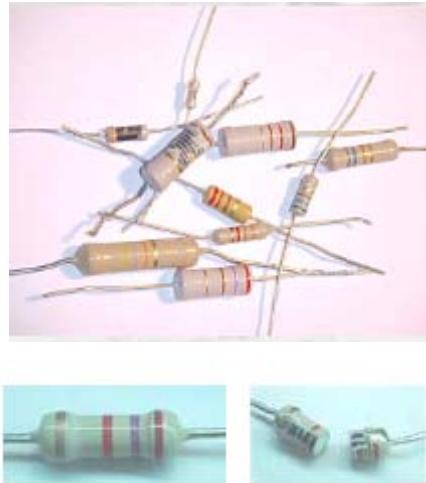


Figure 1. 2 : Resistance à couche de carbone

2.2. Résistances métalliques

Elles se divisent aussi en 2 catégories :

2.2.1. Resistances à couche métallique

Les résistances à couches métalliques (*de quelques ohms à quelques méga ohms*), l'élément résistant est obtenu par la pose d'une couche d'env. 0,1mm d'un alliage sur un substrat en céramique ou en quartz. Ce type de résistances a un petit coefficient de température.

Elles se reconnaissent par leur forme plus épaisse sur les bords. Nous pouvons les rencontrer avec des laques de toutes sortes de couleurs: Vertes clairs, bleu pâle, vert foncé, jaune, etc.

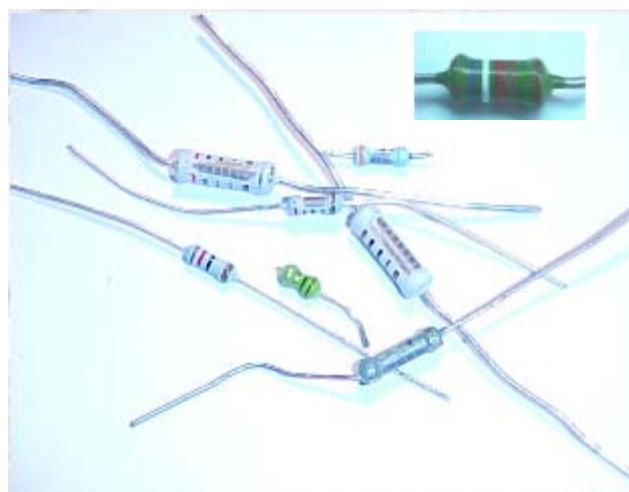


Figure 1. 3 : Résistance à couche métallique

2.2.2. Résistances bobinées

Les résistances bobinées (de quelques ohms à quelques milliers d'ohms) sont constituées d'un fil en alliage (nickel-chrome ou cuivre-nickel pour des résistances de haute précision à faible coefficient de température) enroulé sur un support isolant en céramique ou en matière plastique puis elles sont moulées, laquées ou vitrifiées.



Figure 1. 4 : Résistance bobinée de précision

Les résistances bobinées de précision présentent un volume plus important à puissance égale que les résistances bobinées normales. Elles offrent une très haute stabilité, un coefficient de température et une tension de bruit négligeables et sont utilisées comme étalon dans les circuits nécessitant une grande précision. Les modèles normaux ne peuvent pas être utilisés en haute fréquence.

Les résistances bobinées de puissance dissipent une puissance élevée. Elles ne peuvent pas être employées en haute fréquence à cause de leur inductance parasite élevée. Divers mais reconnaissables soit à l'inscription, soit au fil enroulé souvent visible.



Figure 1. 5 : Résistances bobinées de puissance

3. Tableau comparatif des différentes technologies

Tableau 1. 1 : Tableau comparatif des différentes technologies

	bobinés de puissance	bobinés de précision	à film métallique	enduits résistifs	à couche de carbone	à couche d'oxydes
Résistance (Ω)	$0.01 \text{ à } 10^5$	$0.1 \text{ à } 10^5$	$1 \text{ à } 10^5$		$1 \text{ à } 10^8$	$1 \text{ à } 10^7$
Puissance max. (W)	1000	8	2	0.5	6	4
Température max. ($^{\circ}\text{C}$)	Suivant enrobage	105	155	125	125	200
Coefficient de température ($10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$)	120	15	20 à 200		- 500	± 300
Tension max. (kV)	20	2	5		1	0.75
Coefficient de tension ($10^{-6} / \text{V}$)						- 10
Gamme de fréquence (MHz)	Basses fréquences	30	100		100	100
Niveau de bruit ($\mu\text{V/V}$)	Négligeable	négligeable	0.02		0.04	négligeable
Stabilité en vieillissement	bonne	bonne	très bonne	excellente	bonne	excellente

4. Gamme des valeurs standards

Dans la commerce vous ne trouvez pas facilement n'importe quelle valeur ohmique, mais seulement les valeurs standards. Ces standards sont appelée progression E12.

Il existe des séries de résistances normalisées. E 6, E 12, E 24, E 48, E 96, E 192 le chiffre indique le nombre de valeurs possible par série.

Exemple :

La série E 24 : 24 valeurs

====>10,11,12,13,15,16,18,20,22,24,27,30,33,36,39,43,47,51,56,62,68,75,82,91.

La série E12, E24, E 48 sont les plus courantes.

4.1. La série E12

Cette série est une série géométrique, chaque valeur de la série est obtenue de la précédente par multiplication par $10^{(1/12)} = 1.2115$. Chaque valeur est ensuite arrondie à deux chiffres significatifs.

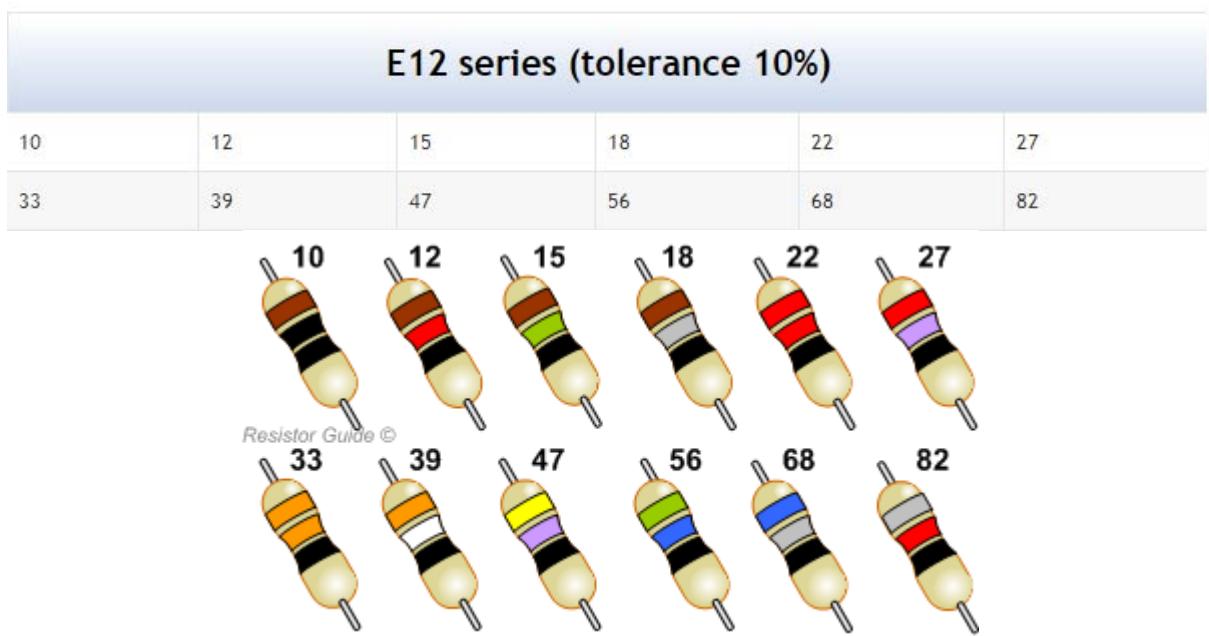


Figure 1. 6 : La série E12

La progression des valeurs dans une série est géométrique. La valeur de rang m de la série En est obtenue en posant

$$\sqrt[m]{10^m}$$

Exemple

Par exemple, 4ème valeur de la série E12 ($12\sqrt[4]{10^4}$) :

Ce qui donne : 2,1544 arrondi à 2,2, qui est aussi le 8ème élément de la série E24 ($24\sqrt[8]{10^8}$) :

5. Code des couleurs

Pour les résistances agglomérées ou à couche d'usage courant. Le code de couleur est indiqué sur la figure ci dessous.

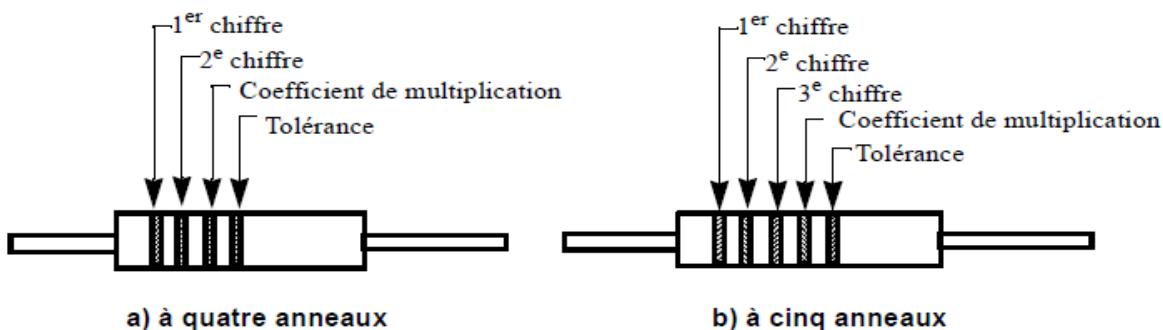


Figure 1.7: Code couleur des résistances

6. Méthode pour déchiffrer

Il faut tout d'abord placer la résistance dans le bon sens. En général, la résistance possède un anneau doré ou argenté, qu'il faut placer à droite. Dans d'autres cas, c'est l'anneau le plus large qu'il faut placer à droite. Il existe trois types de résistances : les résistances à 4, 5 et 6 anneaux. 1.

6.1. Résistances à 4 anneaux

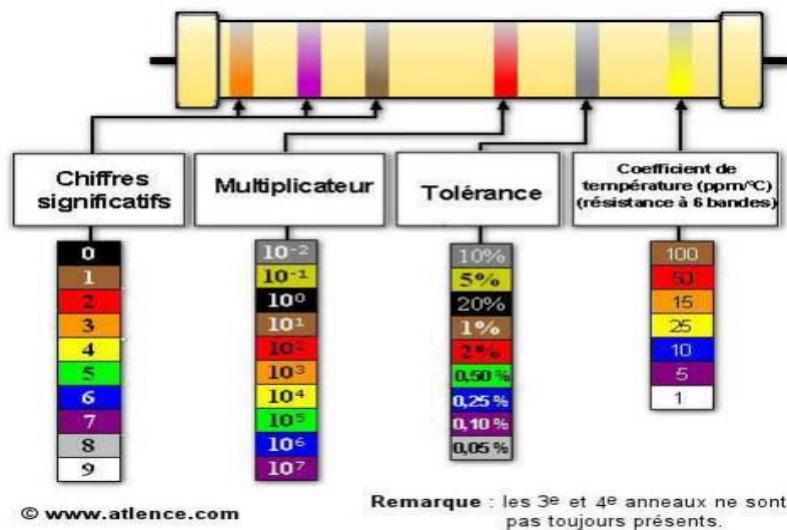
- Les deux premiers anneaux donnent les chiffres significatifs (le premier donne la dizaine et le second l'unité).
- Le troisième donne le multiplicateur (la puissance de 10 qu'il faut multiplier avec les chiffres significatifs).
- Le quatrième la tolérance (les incertitudes sur la valeur réelle de la résistance donnée par le constructeur).

6.2. Résistances à 5 anneaux

- Les trois premiers anneaux donnent les chiffres significatifs.
- Le quatrième donne le multiplicateur (la puissance de 10 qu'il faut multiplier avec les chiffres significatifs).
- Le cinquième la tolérance (les incertitudes sur la valeur réelle de la résistance donnée par le constructeur).

6.3. Résistances à 6 anneaux

- Les quatre premiers anneaux ont la même signification que les résistances à 5 anneaux (voir ci dessus).
- Le sixième est un coefficient de température (variation de la conductivité électrique avec la température).



Couleurs	Chiffres significatifs	Coefficient de multiplication	Tolérance
argent		0.01	$\pm 10\%$
or		0.1	$\pm 5\%$
noir	0	1	
brun	1	10	$\pm 1\%$
rouge	2	10^2	$\pm 2\%$
orange	3	10^3	
jaune	4	10^4	
vert	5	10^5	
bleu	6	10^6	
violet	7		
gris	8		
blanc	9		

Figure 1. 8 : Code national des couleurs

Exemple 1

Premier chiffre significatif : jaune : 4

Deuxième chiffre significatif : vert : 5

Multiplicateur : orange : 3

Tolérance : dorée : 5 %

Donc la valeur de cette résistance est : $45 \times 10^3 \Omega$

Exemple 2



Premier chiffre significatif : rouge : 2

Deuxième chiffre significatif : violet : 7

Multiplicateur : marron : 1

Tolérance : argent : 10 %

Donc la valeur de cette résistance est : $27 \times 10^1 \Omega$

Exemple 3

- 1ère bande marron = 1
- 2ème bande verte = 5
- 3ème bande marron = 0
- 4ème bande argent = 10%

La valeur nominale est de 150Ω avec une tolérance de 10%. Comme 10% de 15Ω est égal à 15Ω , la valeur effective de la résistance sera comprise entre $150 + ou - 15$, c'est à dire entre 135Ω et 165Ω .

7. Symboles

Le symbole utilisé pour représenter une résistance parfaite dans les schémas de circuit est le suivant.



Figure 2. 1 : Symbole d'une résistance

8. Caractéristiques des résistances : valeur nominale, puissance

Chaque fabricant donne des spécifications techniques pour ses résistances: maximale, tolérance, ...

➤ Résistance nominale

C'est la valeur indiquée sur le corps de la résistance

Tolérance: C'est un pourcentage, en plus ou en moins autour de la valeur nominale, que le fournisseur s'engage à respecter.

➤ Puissance nominale (Pn)

C'est la puissance que peut dissiper la résistance dans l'air en convection naturelle (sans ventilation) à la pression atmosphérique avec une température ambiante

comprise entre 20°C et 70°C, selon les modèles. Pour obtenir une bonne fiabilité de montage, il ne faut jamais dépasser 50% de Pn pour les résistances de précision et 70% de Pn pour les résistances d'usage courant.

➤ Tension maximale aux bornes

C'est la tension aux bornes de la résistance à ne pas dépasser. Elle est limitée par la rigidité diélectrique des constituants de la résistance.

9. Formule de base

9.1. Loi d'Ohm

Il s'agit d'une relation entre la tension et le courant (relation V-I) qui caractérise le comportement d'une résistance. En imposant une convention récepteur comme indiqué sur la figure précédente (courant qui va dans le sens des potentiels décroissants), la loi d'Ohm s'écrit:

$$V = RI$$

On a aussi: $R = \frac{V}{I}$ et $G = \frac{1}{R}$

R résistance en ohm [Ω]

I courant en ampère [A]

V tension en volt [V]

G conductance en siemens [S ou $1/\Omega$]

L'unité de résistance est l'ohm (symbole Ω), du nom du physicien allemand G. S. Ohm qui a étudié les lois des circuits électriques.

Tableau 1. 2 Multiples et sous-multiples de l'Ohm

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

9.2. Résistivité

La résistance ρ dépend à la fois des dimensions du conducteur et de sa nature. Par exemple, la résistance d'un fil (figure 1.9) est proportionnelle à sa longueur l et inversement proportionnelle à sa section s :

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

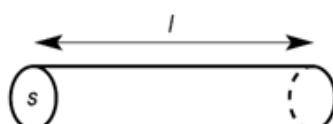


Figure 1.9 : Résistance d'un fil conducteur

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

9.3. Puissance

La puissance dissipée dans une résistance parfaite Les chocs des électrons dans le conducteur, libèrent une énergie qui est transformée en chaleur. Cette transformation irréversible est analogue à un frottement mécanique. La puissance dissipée sous forme de chaleur est:

$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

P puissance en watt [W]

R résistance en ohm [Ω]

I courant en ampère [A]

V tension en volt [V]

9.4. Effet Joule

Une résistance parcourue par un courant consomme une énergie électrique et la transforme en chaleur. 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 :

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

9.5. Diviseur de tension

On applique une différence de potentiel U aux bornes d'un circuit constitué de deux résistances R_1 et R_2 associées en série.

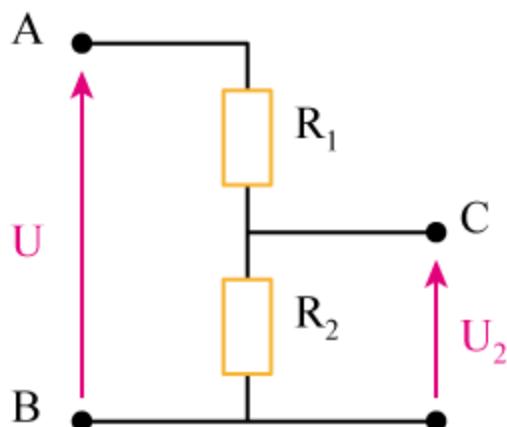


Figure 1. 10 : Circuit diviseur de tension

Exprimer en fonction de U , de R_1 et de R_2 la tension U_2 existant aux bornes de R_2 .

9.6. Association de résistances

➤ En série

Quand deux ou plusieurs résistances sont traversées successivement par le même courant, on dit qu'elles sont reliées en série, ou plus simplement qu'elles sont en série.

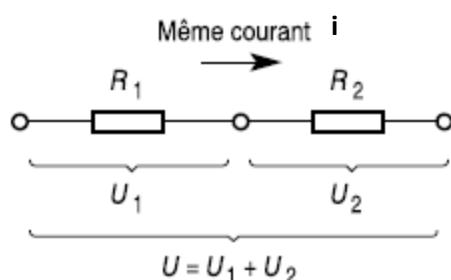


Figure 1. 11 : Résistance en série

Le courant est le même dans les deux éléments, mais les tensions à leurs bornes s'ajoutent. Une double application de la loi d'Ohm montre que le dipôle résultant se comporte comme une résistance dont la valeur est :

$$U = U_1 + U_2 = R_1 * i + R_2 * i = (R_1 + R_2) * i \Rightarrow R_{eq} = R_1 + R_2$$

Pour N résistances placées en série la résistance équivalente s'exprime donc par :

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$$

➤ En parallèle

Aux bornes de plusieurs éléments associés en parallèle, il y a toujours la même tension.

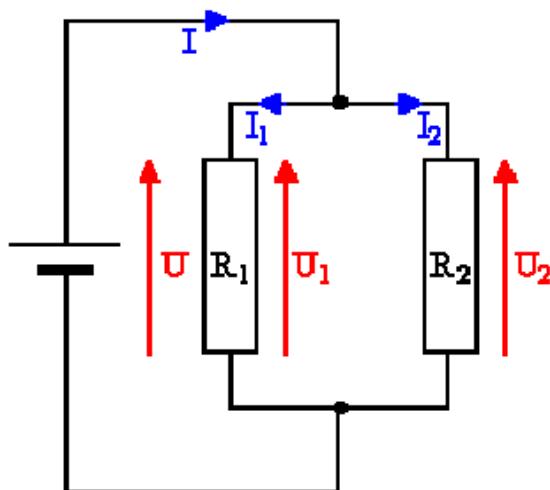


Figure 1. 12 : Résistance en parallèle

L'application de la loi des nœuds donne :

$$I = I_1 + I_2$$

L'application de la loi d'ohm aux bornes chaque résistance donne :

$$U_1 = R_1 I_1 \quad U_2 = R_2 I_2$$

$$I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2} \quad I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

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

Par conséquent :

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

10. Utilisation et application

10.1. Résistances variables

Les résistances variables sont appelés potentiomètres lorsqu'elles sont montées en parallèle dans circuit, et rhéostats lorsqu'elles sont placées en série.

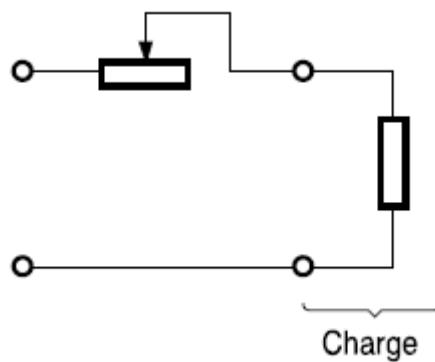


Figure 1. 13: Résistance variable montée en rhéostat

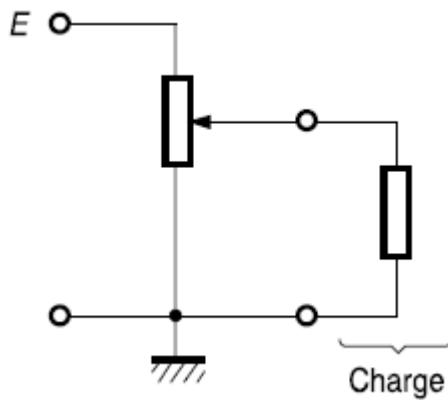


Figure 1. 14: Résistance variable montée en potentiomètre

11. Mesure de Résistance

Il est possible de mesurer la valeur des résistances avec notre multimètre, c'est la fonction Ohmmètre.

Important : Toute mesure de résistance doit se faire hors tension, il faut couper l'alimentation et si la résistance se trouve sur un circuit il faut dessouder une patte pour la mesure, afin de ne pas mesurer les résistances qui pourraient se trouver en parallèles.

La mesure s'effectue simplement en se connectant aux bornes de la résistance il n'y a pas de sens, une résistance est un composant bidirectionnel. Il faut éviter de toucher avec les doigts les bornes pour ne pas modifier la valeur lue.