

Les résistances

I. La résistance et la résistivité :

I.1. généralités :

La résistance est la caractéristique d'un composant à s'opposer au passage du courant (flux d'électrons) et s'accompagne d'une dissipation d'énergie dans le composant par **effet joule**.

L'unité de la résistance est l'Ohm dont le symbole est la lettre Oméga (Ω).

La résistance est un composant passif non polarisé (indépendant du sens du courant qui la traverse.).

La gamme des résistances produites par l'industrie s'étend de quelques dizaines de milli ohms ($m\Omega = 10^{-3} \Omega$) à quelques dizaines de Mégohms ($M\Omega = 10^6 \Omega$) et ont des valeurs normalisées sauf commande spéciale (en grande quantité).

La valeur est indiquée à 25° avec une tolérance (précision de 10%, 5%, 2%, 1%, 0,5%, 0,1%) soit par un marquage direct soit par un code et avec parfois un coefficient de température indiqué en parties par million par degré (ppm/°C) (variation de la valeur de la résistance en fonction de la température).

Les caractéristiques d'une résistance spécifiées par le constructeur sont :

- **La valeur de sa résistance nominale** : indiquée en général sur la résistance,
- **La tolérance (précision)** : écart maximum de la valeur nominale par rapport à la valeur réelle de la résistance,
- **La puissance nominale** : puissance thermique maximale que peut dissiper la résistance,
- **Le coefficient de température** : variation relative de la valeur de la résistance en parties par million en fonction du changement de la température,
- **La tension de bruit** : due à l'agitation moléculaire, etc...

La représentation d'une résistance dans un schéma peut prendre 2 formes (figure 1)

I.2. La résistivité :

La résistivité d'un matériau exprime sa capacité à s'opposer au passage du courant électrique. Elle est faible pour les conducteurs, très grande pour les isolants et moyenne pour les semi-conducteurs (germanium, silicium). Elle varie plus ou moins en fonction de l'augmentation de la température :

- elle augmente pour les conducteurs,
- elle diminue pour les isolants,
- elle diminue fortement pour les semi-conducteurs,

Le symbole de la résistivité est la lettre rho (ρ), elle s'exprime en ohms mètre ($\Omega.m$).

Elle correspond à la résistance d'un matériau de 1 m de longueur et d'une section de 1 m².

La formule donnant la résistance d'un fil de résistivité ρ , de longueur l et de section S est :

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S}$$

Exemple : quelle est la résistance d'un fil de cuivre d'une longueur de 100 m et d'un diamètre de 2,5 mm ?

Sachant que La résistivité du cuivre écroui est $\rho = 1.8 \times 10^{-8} \Omega.m$ (voir le tableau ci-après).

$$R = 1.8 \times 10^{-8} \frac{100}{\pi \times (1.75 \times 10^{-3})^2} = 0.187 \Omega$$

La résistivité varie en fonction de la température. Le tableau ci-après donne quelques valeurs du a le coefficient de température de quelques matériaux. En première approximation la formule donnant la résistance R_t à la température t (R_0 est la valeur de la résistance à 0 °C) est :

$$R_t = R_0 \times (1 + a \times t)$$

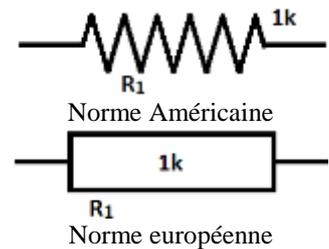


Figure 1: Symbole d'une

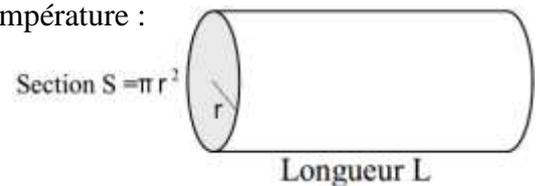


Figure 2:

Les résistances

Tableau 1 : La résistivité de quelques matériaux

Matériau	Symbole chimique	ρ en $\Omega.m$	Coef. thermique a $(^{\circ}C)^{-1}$
Aluminium	Al	$2,78 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Air sec		$1,12 \cdot 10^{19}$	
Argent	Ag	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
Bakélite		10^{+16}	
Bronze		$5 \cdot 10^{-8}$	
Cadmium	Cd	$7,6 \cdot 10^{-8}$	
Carbone	C	$3500 \cdot 10^{-8}$	$-0,5 \cdot 10^{-3}$
Constantan		$5 \cdot 10^{-7}$	
Cuivre	Cu	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
Cuivre écroui	Cu	$1,8 \cdot 10^{-8}$	
Etain	Sn	$1,2 \cdot 10^{-8}$	
Fer	Fe	$1 \cdot 10^{-7}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$
Germanium	Ge	0,46	$-48 \cdot 10^{-3}$
Laiton	60% Cu 40% Zn	$5 \cdot 10^{-8}$	
Magnésium		$4,6 \cdot 10^{-8}$	
Mercure		$96 \cdot 10^{-8}$	
Nickel	Ni	$7 \cdot 10^{-8}$	
Nichrome	NiCr	$150 \cdot 10^{-8}$	$0,4 \cdot 10^{-3}$
Or	Au	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$3,4 \cdot 10^{-3}$
Platine		$9,4 \cdot 10^{-8}$	$3,92 \cdot 10^{-3}$
Plexiglas		10^{+17}	
Polystyrène		10^{+20}	
Porcelaine		10^{+11}	
Silicium	Si	640	$-75 \cdot 10^{-3}$
Tungstène	W	$5,9 \cdot 10^{-8}$	$4,5 \cdot 10^{-3}$
Zinc	Zn	$6,1 \cdot 10^{-8}$	

I.3. Le groupement de résistances

I.3.1. Le groupement de résistances en série

$U = R \times I$
 I est le même dans les deux schémas, donc
 $U = U_1 + U_2 = R_1 \times I + R_2 \times I = (R_1 + R_2) \times I$
 $R = R_1 + R_2$

Dans un groupement en série, la résistance équivalente est la somme des résistances et donc plus grande que la plus grande des résistances du groupement.

Exemple : $R_1 = 100\Omega$, $R_2 = 1000\Omega$
 $R = 100 + 1000 = 1000\Omega$

I.3.2 Le groupement de résistances en parallèle

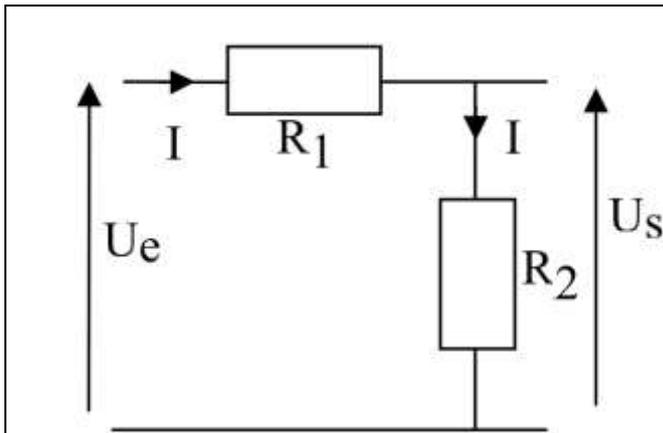
$I = \frac{U}{R}$
 U est le même dans les deux schémas, donc
 $I = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = \frac{(R_1 + R_2) \times U}{R_1 \times R_2}$
 $R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

Dans un groupement en parallèle, la résistance équivalente est plus petite que la plus petite des résistances du groupement.

Exemple : $R_1 = 100 \Omega$, $R_2 = 1000 \Omega$
 $R = \frac{100 \times 1000}{100 + 1000} = \frac{100000}{1100} = 90,90\Omega$

Les résistances

I.3.3. Le diviseur de tension :



I est le même dans les 2 résistances donc

$$U_e = (R_1 + R_2) \times I \quad I = \frac{U_e}{(R_1 + R_2)}$$

$$U_s = R_2 \times I = R_2 \times \frac{U_e}{R_1 + R_2}$$

Pour un diviseur par 10 soit $U_s = \frac{U_e}{10}$ $R_1 = 9 \times R_2$

Exemple : $R_2 = 1\text{k}\Omega$ alors $R_1 = 9\text{k}\Omega$.

Pour un diviseur par 100 soit $U_s = \frac{U_e}{100}$

$R_1 = 99 \times R_2$

Exemple : $R_2 = 1\text{k}\Omega$ et $R_1 = 99\text{k}\Omega$.

Remarque : R_2 doit être négligeable par rapport à La charge branchée à la sortie.

I.4. Les différents types de résistances : Il existe quatre grands types de résistances :

1. agglomérées (ancienne technologie),
2. à couche de carbone
3. à couche métalliques
4. bobinées

I.4.1. La résistance agglomérée :

La résistance agglomérée est la plus ancienne. Elle est fabriquée à partir de poudre de carbone mélangée à un isolant et à un liant et entouré d'un enrobage. (Voir la résistance coupée en 2 figure3).

Sa tolérance est de 20% (sans anneau de tolérance) ou de 10% (anneau argent).

Elle est non inductive mais assez bruyante. Elle existe en différentes puissances

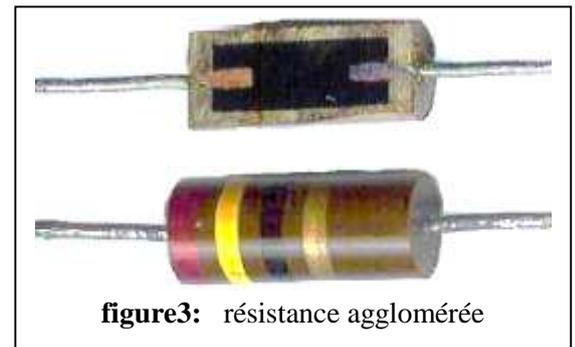


figure3: résistance agglomérée

I.4.2. La résistance à couche de carbone :

La résistance à couche de carbone est constituée d'une très fine couche de carbone déposée sur un barreau isolant en céramique et recouverte d'une couche de vernis. La valeur est ajustée en creusant la couche de carbone en forme hélicoïdale (voir figure4). Elle existe soit avec deux bagues de connexion fixées aux extrémités soit sans bagues de connexion, les connexions étant soudées directement aux extrémités (plus fiable mais plus fragile).

De par sa conception, elle possède en plus une certaine self-induction (bobine). Elle est moins bruyante et plus stable que la résistance agglomérée. C'est la plus courante et la moins chère.

Dimensions et puissance :

- 1/4W = 2,5mm x 7mm,
 1/2W = 8mm x 10,3mm,
 1W = 5mm x 10,5mm
 2W = 5mm x 15 mm



Figure 5 : résistance de différentes puissances



Figure 4 : résistance en couche de carbone

Les résistances

I.4.3. Résistance à couche métallique

La résistance à couche métallique est constituée, en général, d'un film métallique déposé sur un barreau isolant en céramique. La valeur est ajustée en creusant la couche de métal en forme hélicoïdale (voir ci-contre).

Elle existe soit avec deux bagues de connexion fixées aux extrémités (voir la 1^{ère} résistance) soit sans bagues de connexion, les connexions sont soudées directement aux extrémités (plus fiable mais plus fragile) (voir la 4^{ème} résistance).

De par sa conception, elle possède en plus une certaine self-induction (bobine). Elle est moins bruyante que la résistance agglomérée et celle à couche de carbone. Elle est, en général, plus précise et a un coefficient de température moindre mais elle est plus chère.

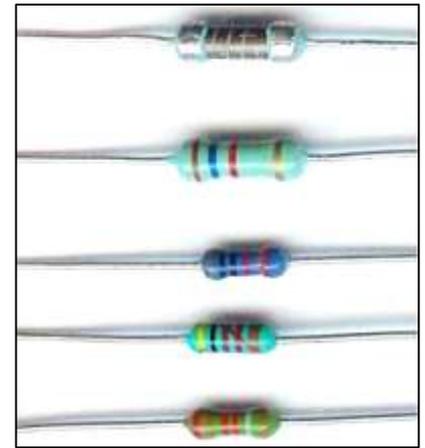


Figure 6 : résistance en couche métallique

I.4.4. La résistance bobinée de puissance :

La résistance bobinée est une résistance de puissance, en général, constituée d'un support cylindrique en céramique (ou autre) sur lequel a été bobiné en spires non jointives un fil résistant. Ce type de résistance est dotée d'une caractéristique inductive importante ce qui ne la prédestine qu'à une utilisation aux basses fréquences



Bobinées en boîtier dissipateur de chaleur



Bobinée cémentée



Bobinées vitrifiées

Figure 7 : Résistances bobinée de puissance

I.4.5. La résistance montée en surface – CMS (SMD) :

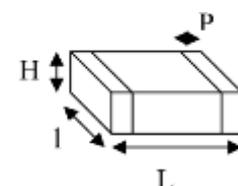
La résistance montée en surface fait partie des composants montés en surface (CMS). Ce sont des composants miniatures, sans fils de connexion, et directement soudés sur le circuit imprimé. Ces résistances permettent une intégration importante (gain de place) et sont recommandées dans le domaine des (très) hautes fréquences du fait d'une inductance parasite très faible (dimensions réduites sans fils de connexion). Par contre, elles sont difficiles à manipuler et à souder pour un amateur ne disposant pas d'un matériel industriel adéquat. La valeur de la résistance est indiquée suivant le code de marquage sauf pour les plus petites qui n'ont plus de marquage



Figure 8 : Résistance monté en surface

Tableau 2 : tailles et puissances des résistances montées en surface

Puissance	L mm	l mm	H mm	P mm
1/20 W	0,6	0,3	0,12	
1/16 W	1,0	0,5	0,35	
1/10 W	1,6	0,8	0,5 à 1,2	0,25 à 0,65
1/8 W	2	1,25	0,5 à 1,4	0,25 à 0,75
1/4 W	3,2	1,6	0,55 à 1,6	0,25 à 0,85
1/3 W	3,2	2,5	0,56	
1/2 W	5,0	2,5	0,56	
1 W	6,3	3,2	0,56	



Les résistances

I.4.6. Le réseau de résistances :

Le réseau de résistances SIL ou DIL :

Réseau de résistances de 1/8W indépendantes ou ayant un point commun au format DIL (Dual In Line = 2 rangées de connexions en ligne) ou SIL (Single in line = une rangée de connexions en ligne) ou réseau de résistances fabriqué à la demande.

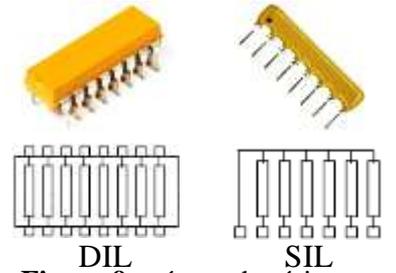


Figure 9 : réseau de résistances

I.4.7 Les résistances variables (potentiomètres) :

Ce sont des résistances que l'on peut faire varier manuellement (les potentiomètres de **tableau**) ou avec un tournevis (les potentiomètres **ajustables**). Ils peuvent être aussi appelés rhéostat

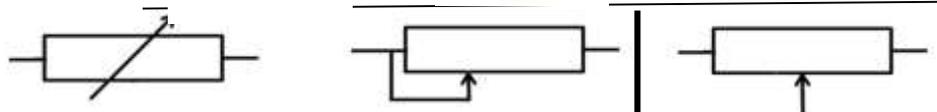
Potentiomètres ajustables



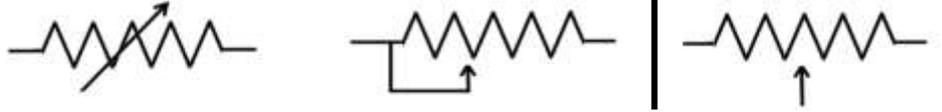
Potentiomètres de tableau



Norme Européenne



Norme Américaine



Représentation d'une résistance ajustable

Représentation d'un potentiomètre

Figure 10 : différents types de potentiomètres

I.4.8 Le strap - résistance 0Ω :

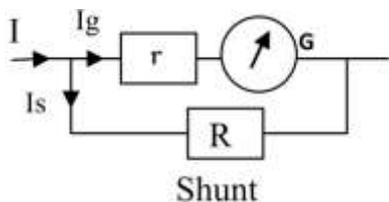
Le Strap a une valeur de résistance de 0Ω, il est utilisé dans la conception de circuits imprimés pour simplifier le dessin du circuit en évitant le chevauchement des pistes.



Figure 11 : Résistances 0Ω

I.4.9 Le shunt :

Le shunt est une résistance de faible valeur placée en général en dérivation pour drainer la majorité du courant. Elle est utilisée dans le cas de l'ampèremètre pour mesurer l'intensité d'un courant plus important que celui supporté par la partie mesure de l'appareil (par exemple un galvanomètre).



Shunt



Figure 12 : résistance de shunt

I.4.10 La thermistance (CTN, CTP) :

Les résistances

La thermistance est une résistance particulière dont la valeur de la résistance varie en fonction de la température. Elle est classée en deux catégories :

le coefficient de température négatif **CTN (NTC en Anglais)** dont la valeur diminue quand la température augmente et le coefficient de température positif **CTP (PTC en Anglais)** dont la valeur augmente quand la température augmente.

Elle peut être utilisée pour mesurer la température à l'intérieur d'un appareil ou d'un radiateur d'amplificateur et déclencher une ventilation forcée (ventilateur) à partir d'un certain seuil de température. Pour des mesures précises de température on utilise d'autres composants (en particulier des composants actifs à semi-conducteurs).

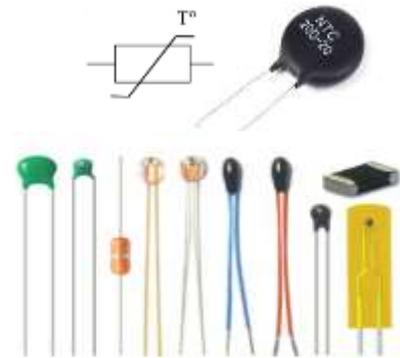


Figure 13 : Thermistance

I.4.11. La photo résistance –LDR (Light Dependent Resistor):

La photo résistance est une résistance particulière, parfois à base de sulfure de cadmium, dont la valeur de la résistance varie en fonction de l'intensité lumineuse reçue. La valeur de la résistance diminue quand la luminosité augmente et peut varier de quelques Mégohms dans l'obscurité à quelques centaines d'ohms en pleine luminosité. Le temps de réponse est moyen. Actuellement, elle est remplacée par des éléments plus rapides et disponibles telle la photo diode ou le phototransistor

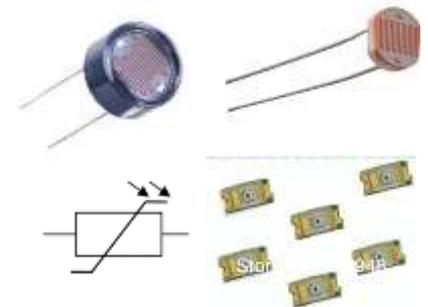


Figure 14 : Photorésistances

I.4.12. La Varistance –VDR (Voltage Dependent Resistor)

La varistance (Varistor en Anglais) est une résistance particulière, à base d'oxyde métallique, dont la valeur de la résistance varie en fonction de la tension appliquée à ses bornes. La valeur de la résistance diminue quand la tension augmente à partir d'une tension de seuil et protège ainsi le montage d'une surtension. Elle est capable d'absorber des courants très importants (100A à 1000A) pendant une courte durée (8 à 20µS).

Elle est abitauellement utilisée avec un fusible (Figure 16)

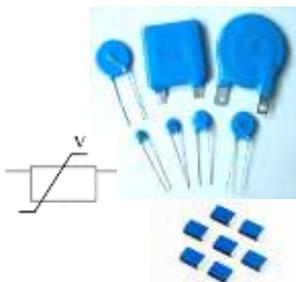


Figure 15 : Varistances

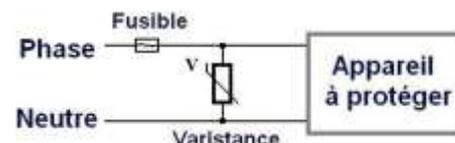


Figure 16 : montage de protection de sur tension

I.5 Le code des couleurs :

L'industrie a utilisé le code des couleurs pour identifier la valeur de la plupart des résistances,

- **3 anneaux** : 2 anneaux de chiffres significatifs, 1 anneau multiplicateur, pas d'anneau de tolérance = $\pm 20\%$
- **4 anneaux** : 2 anneaux de chiffres significatifs, 1 anneau multiplicateur, 1 anneau de tolérance
- **5 anneaux** : 3 anneaux de chiffres significatifs, 1 anneau multiplicateur, 1 anneau de tolérance
- **6 anneaux** : 3 anneaux de chiffres significatifs, 1 anneau multiplicateur, 1 anneau de tolérance, 1 anneau de coefficient de température

Le 1^{er} anneau est celui le plus proche du bord.

Les résistances

Exemples :

Résistance à couche de carbone ou agglomérée
Marron-Vert-Rouge-Or
 $R = 15 \times 10^2 = 1.5k\Omega \pm 5\%$
 $= 1.5k\Omega \pm 75\Omega$

Résistance à couche Métallique
Vert-Bleu-Rouge-Marron-Rouge
 $R = 562 \times 10^1 = 5620\Omega \pm 2\%$
 $= 5620\Omega \pm 112.4\Omega$

Résistance de précision à couche métallique haute stabilité
Jaune-Violet-Vert-Marron-Marron-Rouge
 $R = 475 \times 10^1$
 $= 4.75k\Omega \pm 1\%$
 $= 4750\Omega \pm 47.5\Omega$
50 ppm/°C

Tableau 3 : code de couleurs

Chiffres significatifs	Multiplieur	Tolérance	Coeff. de température (PPM)
Noir : 0	x 1 Ω		200
Marron : 1	x 10 Ω	± 1 %	100
Rouge : 2	x 100 Ω	± 2 %	50
Orange : 3	1 kΩ		15
Jaune : 4	10 kΩ		25
Vert : 5	100 kΩ	± 0,5 %	
Bleu : 6	1 MΩ	± 0,25 %	10
Violet : 7	10 MΩ	± 0,1 %	5
Gris : 8		± 0,05 %	
Blanc : 9			1
	Argent : x 0,01Ω	± 10 %	
	Or : x 0,1Ω	± 5 %	

I.6. Le code de marquage normalisé :

L'industrie utilise un code de marquage normalisé sous deux formats :

Code A :

2 chiffres significatifs et un multiplieur (analogue au code des couleurs).

Par exemple : 472 $\Rightarrow 47 \times 10^2\Omega \Rightarrow 4700\Omega \Rightarrow 4.7k\Omega$

471 $\Rightarrow 47 \times 10^1\Omega \Rightarrow 470\Omega$

Code B :

La lettre **R** indique la position de la virgule, la lettre **k** le kilo (10^3), la lettre **M** le Méga (10^6).

Tableau 4 : exemples de lecture du code de marquage

Valeur de résistance	Code A	Code B IEC code
0,10		R10
0,22		R22
1,0	010	1R0
1,22		1R22
10,2		10R2
100	101	100R
1k	102	1K0
4,7k	472	4K7
10k	103	10K
100k	104	100K
1,0M	105	1M0
10M	106	10M0

Les résistances

I.7. Les valeurs normalisées :

L'industrie fabrique des valeurs normalisées de résistances. Il existe plusieurs Séries de valeurs : E3, E6, E12, E24, E48, E96 et E192.

Le chiffre suivant la lettre indique le nombre de valeurs disponibles par décade par exemple pour la série E12 il existe 12 valeurs par décade (voir le tableau ci-dessous.)

Série E6 : tolérance +/- 20 %
 Série E12 : tolérance +/- 10 %
 Série E24 : tolérance +/- 5 %

E3	E6	E12	E24	E96									
10	10	10	10	100	200	301	402	511	604	715	806	909	
			11	102	205	309	412	523	619	732	825	931	
		12	12	105	210	316	422	536	634	750	845	953	
			13	107	215	324	432	549	649	768	866	976	
	15	15	15	110	221	332	442	562	665	787	887		
			16	113	226	340	453	576	681				
		18	18	115	226	348	464	590	698				
			20	118	232	357	475						
22	22	22	22	121	237	365	487						
			24	124	243	374	499						
			27	127	249	383							
			30	130	255	392							
	33	33	33	133	261								
			36	137	267								
		39	39	140	274								
			43	143	280								
47	47	47	47	147	287								
			51	150	294								
		56	56	154									
			62	158									
	68	68	68	162									
			75	165									
		82	82	169									
			91	174									
				178									
				182									
				187									
				191									
				196									

I.1.8. Conseils pratiques :

Lors de la réalisation d'un montage, il est préférable de vérifier, à l'ohmmètre, la valeur de la résistance avant de la souder. En effet, en fonction de la couleur du corps de la résistance, certaines couleurs peuvent être facilement confondues : jaune et orange ou rouge et marron. D'autre part, il est possible de confondre une résistance avec une inductance ou un condensateur ayant la même forme et repérée par un code de couleurs (en général l'inductance est plus renflée sur les bords ou au milieu).

Les condensateurs

II. Les condensateurs :

Un condensateur est constitué de deux surfaces conductrices (armatures) séparées par un isolant (diélectrique).

II.1. Capacité d'un condensateur

la capacité d'un condensateur en farad est donnée par la relation :

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{S}{e}$$

$$\epsilon_0 = \frac{10^{-9}}{36\pi} \text{ F/m}$$

ϵ_r : permittivité relative du diélectrique ϵ_0 : permittivité du vide (F/m) $\epsilon_r \cdot \epsilon_0$: permittivité absolue du diélectrique S : surface d'une armature (m ²) e : épaisseur du diélectrique (m)
--

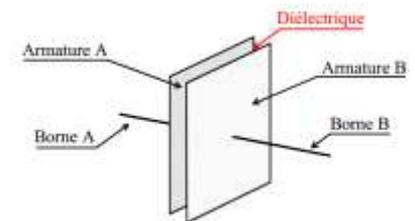


Figure 1: Condensateur plan

L'épaisseur e est imposée par la rigidité diélectrique de l'isolant utilisé et la tension de service du composant

Le farad est une unité beaucoup trop grande pour les applications pratiques. On utilise couramment :

- microfarad (μF) = 10^{-6} F
- nanofarad (nF) = 10^{-9} F
- picofarad (pF) = 10^{-12} F

II.2. Types de condensateurs :

Condensateurs à diélectrique verre :

Ce sont des verres borosilicatés contenant des oxydes de plomb, potassium, baryum.

Condensateurs de petites valeurs de capacité, utilisés pour leur résistance de fuite élevée, leur tenue en haute fréquence, en tension, en température et leur stabilité dans le temps (vieillessement).

Condensateurs à diélectrique mica

Le mica est un double silicate d'aluminium et de potassium. Mêmes utilisations que pour les condensateurs à diélectrique verre.

Condensateurs à diélectrique céramique groupe 1 :

Ce sont des composants stables et précis de haute qualité. Leur coefficient de température est défini, il dépend des matériaux utilisés de $-3000 \cdot 10^{-6}$ à $+300 \cdot 10^{-6}$. En combinant ces matériaux, des condensateurs très stables en température sont obtenus. Dans ce groupe, des composants "haute puissance" ou "très haute tension" peuvent être réalisés.

Condensateurs à diélectrique céramique groupe 2 :

Leur permittivité très élevée permet des tailles miniatures (composants montés en surface). Les valeurs de capacité sont imprécises et le coefficient de température est instable. Ce sont des composants peu onéreux pour usage courant.

Condensateurs à diélectrique plastique

Polystyrène : utilisés pour conserver des charges électriques sur de longues durées car leur résistivité est extrêmement élevée, plus encore que celle des condensateurs à diélectrique verre. Ils ont aussi d'excellentes performances aux fréquences élevées et en régime impulsionnel dues à leur faible absorption diélectrique.

Polytétrafluoréthylène ou téflon : Mêmes performances que le polystyrène mais plus stables en vieillissement et avec une très bonne tenue en température.

Polypropylène : stables en température et bonne tenue aux températures élevées.

Polyester: leur rigidité diélectrique et leur propriété "d'autocicatrisation" permettent de produire des composants d'encombrement réduit.

Très bonne tenue aux températures élevées.

Polysulfone : très stables en température avec la propriété "d'autocicatrisation".

Bonnes performances aux fréquences élevées.

Polycarbonate : Condensateurs de qualité, stables, fiables et avec un encombrement réduit.

Les condensateurs

Condensateurs électrolytiques ou électrochimiques :

Lors de l'électrolyse d'une solution, des ions d'oxygène se dégagent de l'anode, le métal qui la constitue se couvre alors d'une couche d'oxyde (1µm). Les oxydes de métaux sont d'excellents isolants. Il est ainsi réalisé un condensateur dont le diélectrique est un oxyde de métal, une armature est l'anode et l'autre est l'électrolyte. Les condensateurs électrolytiques sont polarisés, dans le cas accidentel où cette polarité n'est pas respectée, il y a destruction de la couche d'oxyde. Un courant de forte intensité peut alors circuler et produire un effet Joule : dégagements gazeux qui peuvent conduire à l'explosion du composant.

Les condensateurs électrolytiques permettent d'obtenir de très grandes valeurs de capacité dans un volume restreint grâce à la faible épaisseur de la couche de diélectrique, la permittivité et la rigidité diélectrique de cette dernière. Du fait de leur nature chimique, ces composants sont peu précis, peu stables en température, en tension, en vieillissement. Leur courant de fuite relativement élevé et leur médiocre coefficient de qualité les limitent à des utilisations pour des fréquences basses.

Electrodes d'aluminium : le diélectrique est de l'alumine (Al_2O_3).

Electrodes de tantale : le diélectrique est de l'oxyde de tantale (Ta_2O_5). Ces condensateurs sont plus stables que ceux avec des électrodes en aluminium et leur encombrement moins grand. Le volume est encore réduit lorsque l'anode est frittée.

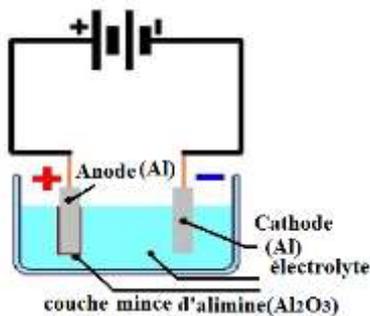


Figure 2 : principe de fabrication d'un condensateur électrolytique

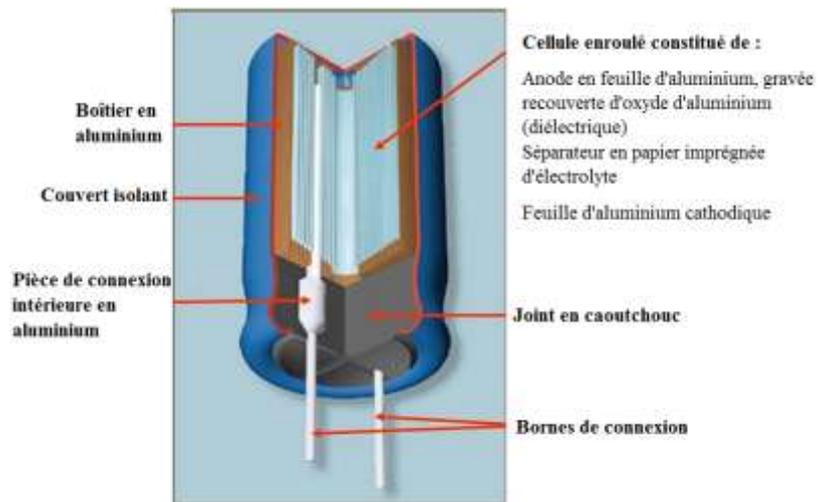


Figure 3 : coupe d'un condensateur électrolytique

Capacitor Types

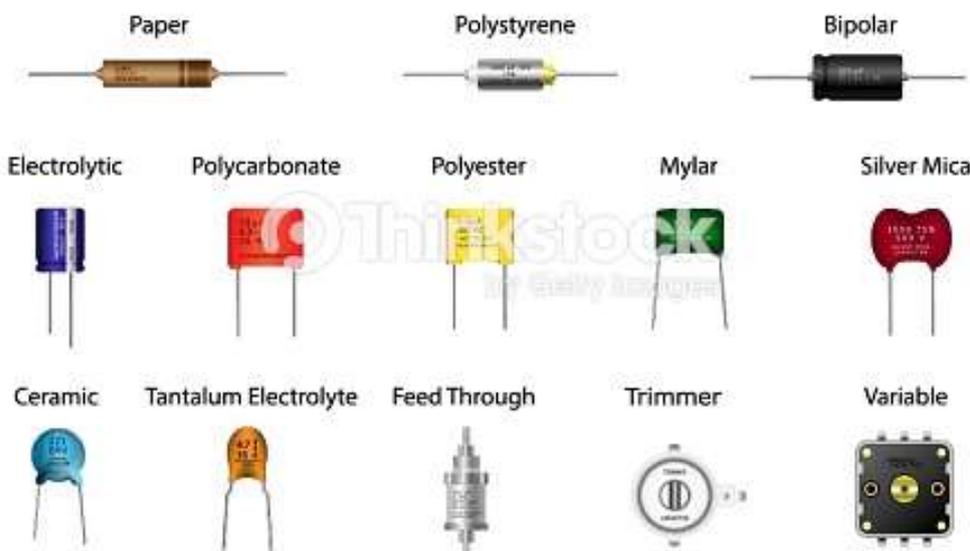


Figure 4 : Types de condensateur

Les condensateurs

Tableaux comparatifs des différentes technologies

Tableau 1 : Condensateurs non polarisés

Type	Résistivité (Ω/m)	rigidité diélec- trique (kV/m)	permi- tivité relative	facteur de perte	gamme de capacités (F)	tension max. (V)	gamme de température (° C)	coeff. tempér. ($10^{-6}/^{\circ}C$)	f max. (MHz)
verre	10^{15} à 10^{18}	10 000	9	5.10^{-4} à 1MHz	1pF à 10nF	jusqu'à 10kV.	- 55 à +125 (+300)	+120	100 000
mica	10^{15} à 10^{17}	70 000	6.5 à 9	10^{-3} à 1MHz	1pF à 100nF	jusqu'à 10kV	- 55 à +125 (+600)	-20 à +30	100 000
céramique gr. 1	10^{15} à 10^{17}	3 000 à 9 000	6.5 à 200	5.10^{-4} à 1MHz	jusqu'à 1nF	...1kV (T.H.T)	- 55 à +150	-3000 à +300	50
céramique gr. 2	10^{14} à 10^{15}	3 000 à 6000	1000 à 10000	25.10^{-3} à 1MHz	jusqu'à 220nF		- 55 à +85	instable	50
poly- styrène	3.10^{19}	10 000 à 100 000	2.5	2.10^{-4} à 1MHz	10pF à $1\mu F$	jusqu'à 2kV	- 40 à +80	-100 à -200	1
téflon	10^{18}	10 000 à 100 000	2	2.10^{-4} à 1MHz	10pF à $1\mu F$	jusqu'à 2kV	- 55 à +250	-100 à -200	1
poly- propylène		500 000		2.10^{-4} à 1kHz		jusqu'à 1kV	- 55 à +170		0.1
polyester (mylar)	$>10^{15}$	10 000	2.5	2.10^{-2} à 1MHz	220pF à $22\mu F$	jusqu'à 1kV	- 40 à +125	+200 à +900	1
poly- sulfone				10^{-3} à 1MHz	jusqu'à $10\mu F$	jusqu'à 400V	-55 à +150		10
poly- carbonate		10 000		10^{-3} à 1kHz	1nF à $10\mu F$	jusqu'à 200V	- 55 à +125	-20 à -100	0.1

Tableau 2 : Condensateurs polarisés

Electro- lytiques	courant de fuite ($\mu A/\mu F/V$)	rigidité diélec- trique (kV/m)	permi- tivité relative	facteur de perte	gamme de capacités (F)	tension max. (V)	gamme de température (° C)	coeff. tempér. ($10^{-6}/^{\circ}C$)	f max. (MHz)
Oxyde d'aluminium		1000	9	2.10^{-2} à 25.10^{-2} (à 50Hz)	$1\mu F$ à $150000\mu F$	jusqu'à 1kV.	- 40 à +85	+1000 à +4000	0.1
oxyde de tantale	0.025		26	3.10^{-2} à 10.10^{-2} (à 50Hz)	$1\mu F$ à 1 F (!)	jusqu'à 100V	- 55 à +85 (+600)		0.1

Les condensateurs

II.3. Condensateur variables :

II.3.1. Définition :

Le condensateur variable (CV) est un composant utilisé en radio à la place d'un condensateur fixe lorsqu'il est besoin d'une capacité variable à volonté. Il est composé de deux armatures dont l'une est mobile (R : le rotor), commandée par un axe (R) et l'autre fixe (S : le stator). Sa capacité varie en continu entre une valeur minimum (la capacité résiduelle) et une valeur maximum (la capacité nominale) selon une fonction appelée loi de variation. Une autre caractéristique d'un CV est sa tension d'isolement.

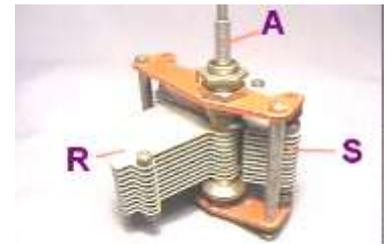


Figure 5 : Condensateur variable

II.3.2. Condensateur ajustable :

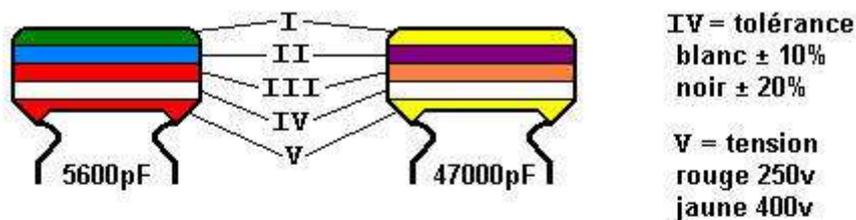
C'est un condensateur variable dont le réglage de capacité ne peut être effectué à n'importe quel instant par l'utilisateur car son axe (ou son système de réglage) n'est pas accessible facilement.



Figure 6 : Condensateur ajustable

II.4. Codage des capacités des condensateurs :

II.4.1. Condensateurs non polarisés à code couleur :



I 1 ^{er} chiffre	II 2 ^{ème} chiffre	III multiplicateur
noir	0	× 1
marron 1	1	× 10
rouge 2	2	× 100
orange 3	3	× 1000
jaune 4	4	× 10000
vert 5	5	× 100000
bleu 6	6	
violet 7	7	
gris 8	8	
blanc 9	9	

exemple : 10000pF , ± 10% , 250v
 distribution des couleurs : marron, noir, orange, blanc, rouge

Figure 7 : Code de couleur pour condensateurs non polarisés

Les condensateurs

II.4.2. Codage en chiffres alphanumériques :

	Multiplicateur	Tolérance	
	1 = 10 ¹ = 10 2 = 10 ² = 100 3 = 10 ³ = 1 000 4 = 10 ⁴ = 10 000 5 = 10 ⁵ = 100 000 6 = 10 ⁶ = 1 000 000 7 = 10 ⁷ = 10 000 000 8 = 10 ⁸ = 100 000 000 9 = 10 ⁹ = 1 000 000 000	G ± 2 % J ± 5 % K ± 10 % M ± 20 %	
Exemples :	Marquage	Capacité	Tolérance
	104 K	= 100 000 pF	± 10 %
	223 M	= 22 000 pF	± 20 %

- Code de marquage alphanumérique des condensateurs céramiques et en polyester.

II.4.3. Affichage en clair :

Valeur notée	Correspondance avec unité(s)
10 ou 10p	10 pF
4.7K ou 4K7 ou 4n7	4,7 nF = 4700 pF
2n2	2,2 nF = 2200 pF
470n	470 nF = 470000 pF
2.2 ou 2u2	2,2 uF = 2200 nF = 2200000 pF
.1	0,1 uF = 100 nF = 100000 pF
.15	0,15 uF = 150 nF = 150000 pF
.01	0,01 uF = 10 nF = 10000 pF
.047	0,047 uF = 47 nF = 47000 pF
.330	0,330 uF = 330 nF = 330000 pF
.001	0,001 uF = 1 nF = 1000 pF
1.5	1,5 uF = 1500 nF = 1500000 pF
2.5	2,5 uF = 2500 nF = 2500000 pF
.068	0,068 uF = 68 nF = 68000 pF
10	10 pF si petit condensateur, 10 uF si "gros"
100	100 pF si petit condensateur, 100 uF si "gros"
473	47000 pF = 47 nF
224	0,22 uF = 220 nF
479	4,7 pF

Les condensateurs

II.4.4. Code couleur des condensateurs ajustables :

Couleur	Diamètre	Ecartement broches	Valeur Min - Max
Vert	5 mm	5,1 mm	2 pF - 20 pF
Gris	7,5 mm	3,5 / 7,1 mm	1,2 pF - 6 pF ou 1,4 pF - 5,5 pF
Jaune	7,5 mm	3,5 / 7,1 mm	1,4 pF - 10 pF ou 2 pF à 10 pF
Bleu	7,5 mm	3,5 / 7,1 mm	1,6 pF - 15 pF
Vert	7,5 mm	3,5 / 7,1 mm	2 pF - 22 pF
Rouge	7,5 mm	3,5 / 7,1 mm	2 pF - 30 pF
Violet	7,5 mm	3,5 / 7,1 mm	3 pF - 40 pF
Vert	10 mm	5 / 10 mm	2,5 pF - 25 pF
Jaune	10 mm	5 / 10 mm	4,5 pF - 70 pF ou 5,5 pF - 65 pF
Rouge	10 mm	5 / 10 mm	5 pF - 90 pF ou 6 pF - 80 pF
Violet	10 mm	5 / 10 mm	7 pF - 100 pF



Figure 8 : Code couleur des condensateurs ajustables

II.5. Groupement de condensateurs en parallèle et en série :

Groupement de condensateurs en parallèle :

La capacité équivalente à un groupement de condensateurs en parallèle est égale à la somme des capacités des différents condensateurs :

$$\mathbf{C_{eq} = C1 + C2 + C3}$$

Remarque : L'association en parallèle permet d'obtenir une capacité plus importante que celles des condensateurs utilisés dans le groupement.

Groupement de condensateurs en série :

L'inverse de la capacité équivalente à un groupement de condensateurs en série est égal à la somme des inverses des capacités des différents condensateurs :

$$\mathbf{\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C1} + \frac{1}{C2} + \frac{1}{C3}}$$

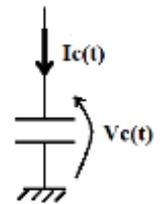
Les condensateurs

Remarque : Dans une association en série, la capacité équivalente est plus petite que celles des condensateurs utilisés dans le groupement.

II.6. Charge et décharge d'un condensateur :

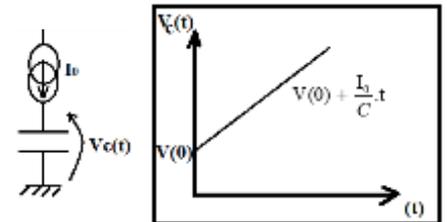
La tension $V_c(t)$ aux bornes d'un condensateur de capacité C traversé par un courant $I_c(t)$ et chargé initialement à une tension $V(0)$ par la relation suivante :

$$V_c(t) = \frac{1}{C} \int I_c(t).dt + V(0)$$



Charge par un courant fixe (I_0) :

$$V_c(t) = \frac{1}{C} \int I_c(t).dt + V(0) = \frac{1}{C} \int I_0.dt + V(0) = \frac{I_0}{C}.t + V(0)$$



Charge par une tension fixe (E) à travers une résistance (R) :

En appliquant la loi des mailles on trouve une équation différentielle

Sa solution est donnée par l'expression suivant :

$$V_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) + V_0 e^{-\frac{t}{RC}}$$

V_0 est la tension initiale aux bornes condensateur à $t=0$

Si le condensateur est initialement déchargé ($V_0=0$)

La solution devient

$$V_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) \text{ où } \tau = RC$$

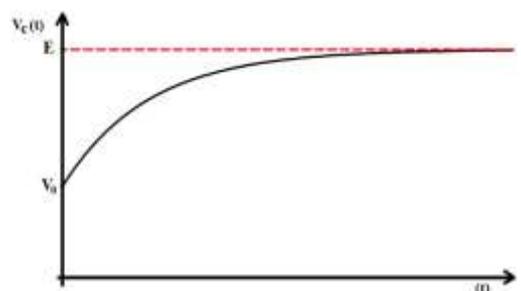
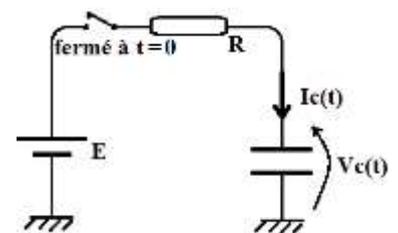


Figure 9 : le condensateur est initialement chargé à V_0

τ est appelé la constante de temps c'est le temps nécessaire pour que la tension au bornes du condensateur atteigne 63% E

On admet généralement qu'au bout de 5τ , le condensateur est chargé.

$$V_c(5\tau) = 0.99E$$

Exemple : si $R=100 \text{ k}\Omega$ et $C=10 \text{ }\mu\text{F}$

le temps nécessaire pour une charge complète est :

$$T=5\tau = 5RC = 5 \times 10^5 \times 10^{-5} = 5 \text{ s}$$

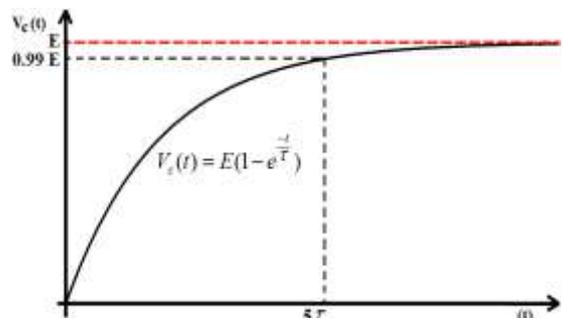


Figure 10 : le condensateur est initialement