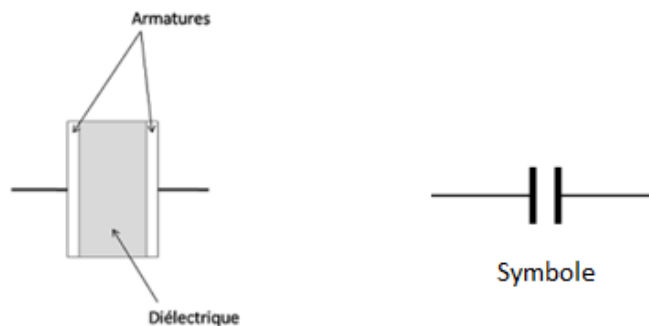


## LES CONDENSATEURS

### I. Définition

Un condensateur est formé de deux armatures métalliques séparées par un isolant, le diélectrique.



Modelisation d'un condensateur plan



Divers symboles employés pour représenter les condensateurs polarisés

### II. Variétés technologiques :

#### 1. Condensateurs à film plastique

Les condensateurs les plus utilisés sont à film plastique. De nombreuses variétés de plastiques peuvent être employées : polyester, polystyrène, polycarbonate, polypropylène...

##### 1.1 Les condensateurs polyester (MKT)

Ce sont les plus courants des condensateurs à diélectrique plastique métallisé. Le plastique est donc un polyester. On réserve ces condensateurs pour des usages ne demandant pas une grande précision.

- ◆ Valeur nominale : de 1nF à 250μF.
- ◆ Tolérance : de 1% à 20%.
- ◆ Tension de service : de 40V à 10000V.
- ◆ Résistance d'isolement : de  $10^9$  à  $10^{12}$  ohms.
- ◆ Utilisation : - condensateurs de liaison et de découplage, circuit d'antiparasitage.

### 1.2 Les condensateurs polycarbonate (MKC)

Le diélectrique plastique est un polycarbonate. Ce diélectrique a un excellent coefficient de température. Il permet de fabriquer des composants de grande précision et stabilité. Il possède en outre une forte résistance d'isolement. Ils sont plutôt rares.

- ◆ Valeur nominale : de 1nF à 250μF.
- ◆ Tolérance : de 1% à 2%.
- ◆ Tension de service : de 40V à 5000V.
- ◆ Résistance d'isolement : supérieure à  $10^{12}$  ohms.
- ◆ Condensateurs très stables, très fiables.
- ◆ Utilisation : - circuit d'accord,  
-filtres,intégrateurs,dérivateurs,  
- circuits d'antiparasitage.

### 1.3 Les condensateurs polypropylène (MKP)

Ils ont une très bonne stabilité en fréquence et un excellent comportement en régime impulsionnel. Ils sont entre autres utilisés pour faire des condensateurs de précision.

- ◆ Valeur nominale : de 0,1nF à 250μF.
- ◆ Tolérance : de 10% à 20%.
- ◆ Tension de service : de 160V à 3500V.
- ◆ Résistance série très faible.
- ◆ Utilisation pour des circuits en régimes impulsionnels, alimentation à découpages.

### 1.4 Les condensateurs polystyrène (MKS)

Ils sont très appréciés pour leur très grande stabilité et sont utilisés essentiellement à haute température (155°C). Leur comportement en régime impulsionnel est excellent.

## 2. Condensateurs céramique

Les condensateurs céramique sont surtout destinés à une utilisation en hautes fréquences. Les pertes peuvent être importantes en particulier aux fréquences basses. Les valeurs s'échelonnent entre 1 pF et 100 nF environ. Les condensateurs céramique seront surtout utilisés dans des applications où la valeur exacte de la capacité n'a pas d'importance.

Il existe deux types distincts :

**Le type1** : La céramique utilisée est de la Stéatite, du bioxyde de titane ou du strontium. Ils sont précis et stables.

- ◆ Valeur nominale : de 1pF à 2nF.
- ◆ Tolérance : de 2% à 20%.
- ◆ Tension de service : de 25V à 1000V.
- ◆ Résistance d'isolement : de  $10^{11}$  ohms.

- ◆ Utilisation en fréquence : de 20kHz à 50MHz.
- ◆ Utilisation en HF pour les circuits d'accord (recherche de stations radio), les circuits de liaison

**Le type 2 :** La céramique est cette fois-ci du titane de baryum. Ils sont peu stables et peu précis.

- ◆ Valeur nominale : de 100pF à 0,47μF.
- ◆ Tolérance : de 20% à 50%.
- ◆ Tension de service : de 25V à 1000V.
- ◆ Résistance d'isolement :  $10^9$  ohms.
- ◆ Utilisation en fréquence : de 50Hz à 50MHz.
- ◆ Utilisation : les circuits de liaison et de découplage.

### 3. Condensateurs à diélectrique mica

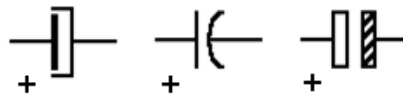
Le mica est un double silicate d'aluminium et de potassium. Condensateurs de petites valeurs de capacité, utilisés pour leur résistance de fuite élevée, leur tenue en haute fréquence, en tension, en température et leur stabilité dans le temps (vieillessement).

### 4. Condensateurs à diélectrique verre

Mêmes utilisations que pour les condensateurs à diélectrique mica.

### 5. Condensateurs électrolytiques

Le condensateur électrolytique, encore appelé "électrochimique" ou "chimique" est très commun dans les applications en courant continu ou en basses fréquences (en dessous de 1 MHz). Comme les condensateurs au tantale ils sont polarisés.



Symbole

Ces condensateurs ont un sens de branchement, ils ont une borne positive et une borne négative. Le fait de brancher un condensateur polarisé à l'envers peut le faire exploser.

#### 5.1 Condensateur aluminium

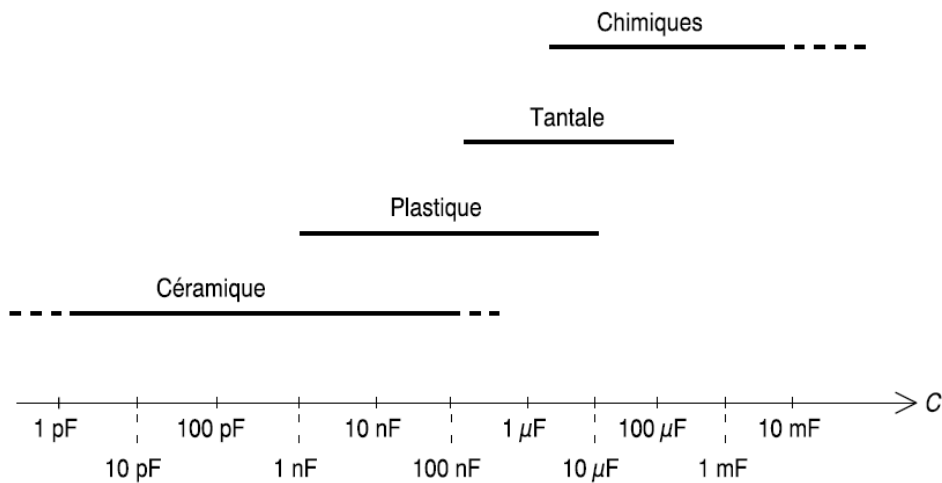
- ◆ Valeur nominale : de 1μF à 150000μF.
- ◆ Tolérance : de 10% à 20%.
- ◆ Tension de service :
  - miniature de 2,5V à 63V,
  - ordinaire de 150V à 550V.
- ◆ Courant de fuite : de quelques microampères.
- ◆ Limite en fréquence : inférieure à 10kHz.
- ◆ Utilisation : - Filtrage, découplage en Basse fréquence, résistance série très bonne.
- ◆ Avantage : Faible volume pour une grande capacité.

On n'utilisera donc ces éléments dans des applications où la valeur exacte de la capacité n'est pas importante.

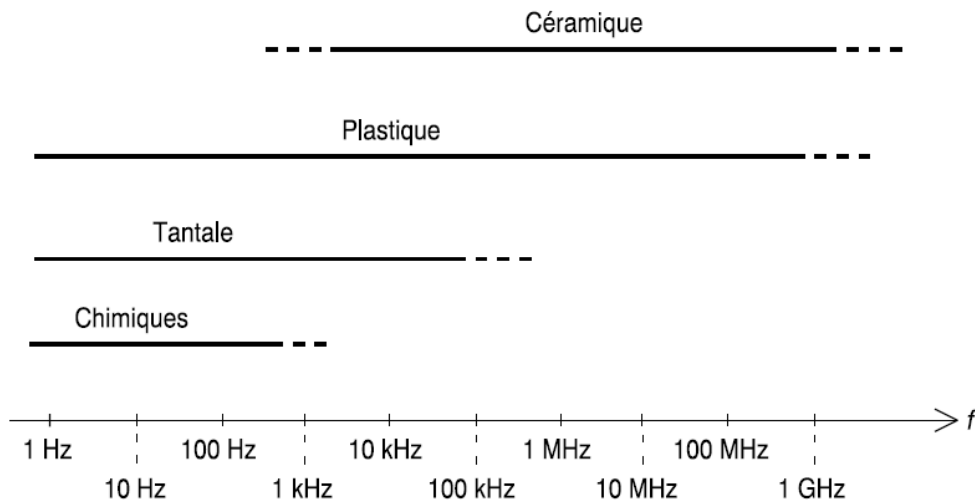
## 5.2 Condensateurs tantale

Ces derniers sont moins encombrants et plus fiables que les chimiques à l'aluminium. Leur coût est plus élevé que pour les condensateurs à l'aluminium.

- ◆ Valeur nominale : de  $1\mu\text{F}$  à  $1000\mu\text{F}$ .
- ◆ Tolérance : de 10% à 20%.
- ◆ Tension de service : - 6V à 150V.
- ◆ Courant de fuite : de 1 microAmpère.
- ◆ Limite en fréquence : inférieure à 10kHz.
- ◆ Utilisation : - Filtrage, découplage en Basse fréquence.
- ◆ Inconvénient : Utilisés que pour de faible valeur de tension de service.



Ordre de grandeur des capacités disponibles pour les différents types de condensateurs.



Domaines de fréquence utilisables pour les différents types de condensateurs.

## Codification du type de diélectrique

Liste non exhaustive.

Code	type de diélectrique	Code	type de diélectrique
KT	film polyester	MKT	polyester métallisé
KC	film polycarbonate	MKC	polycarbonate métallisé
KP	film polypropylène	MKP	polypropylène métallisé
KS	film polystyrène	MP	papier métallisé

### III. Propriétés

#### 1.Capacité

La quantité de charge Q emmagasinée sous une tension U donnée dépend du condensateur employé. On écrit :

$$Q = C.U$$

Q : quantité d'énergie emmagasinée (charge) unités C (Coulomb)

C : la capacité du condensateur en Farad ( F )

U : la tension aux bornes du condensateur en Volts (V)

#### 2.Rigidité électrique et tension de claquage

La rigidité diélectrique d'un milieu isolant (le diélectrique) représente la valeur maximum du champ électrique que le milieu peut supporter avant le déclenchement d'un arc électrique (donc d'un court-circuit). La valeur maximale de la tension électrique appliquée aux bornes, est appelée tension de claquage du condensateur. Pour un condensateur quand cette valeur est dépassée, l'élément est détruit.

#### 3.Énergie emmagasinée

Le condensateur emmagasine l'énergie quand il se charge et la restitue lorsqu'il se décharge. Il n'y a pas de pertes d'énergie électrique (sauf de petits défauts dont l'importance est secondaire). Le condensateur chargé forme donc une réserve d'énergie. Ce comportement est utilisé dans certaines applications.

$$W = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

Avec :

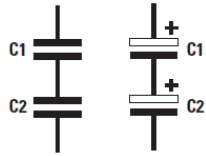
W : Energie emmagasinée [ J ]

C : Capacité [F ]

U : Tension [V ]

## 4. Associations de condensateurs

### 4.1 Groupement série :



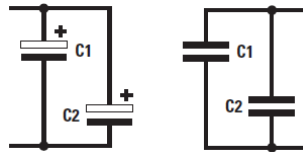
Pour deux éléments en série de capacités  $C_1$  et  $C_2$ , on obtient un condensateur équivalent dont la capacité  $C$  est telle que :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

On en déduit :

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

### 4.2 Groupement parallèle :



Deux condensateurs de capacités  $C_1$  et  $C_2$  branchés en parallèle donnent un condensateur équivalent de capacité :

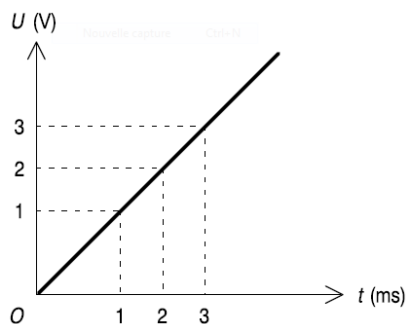
$$C = C_1 + C_2$$

## 5. Courbes de charge et de décharge

La charge la plus simple est obtenue quand le courant est constant.

$$U = \frac{I}{C} t$$

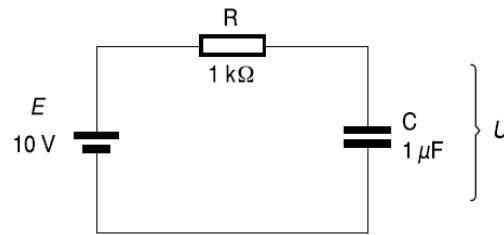
Cette formule ne s'applique que si le condensateur est totalement déchargé au départ (la tension est nulle à  $t = 0$ ).



Charge d'un condensateur à courant constant

On utilise ce dispositif dans les générateurs de rampes et les générateurs de signaux triangulaires (la décharge étant alors aussi à courant constant).

Dans la plupart des applications, les condensateurs ne sont pas chargés à courant constant.

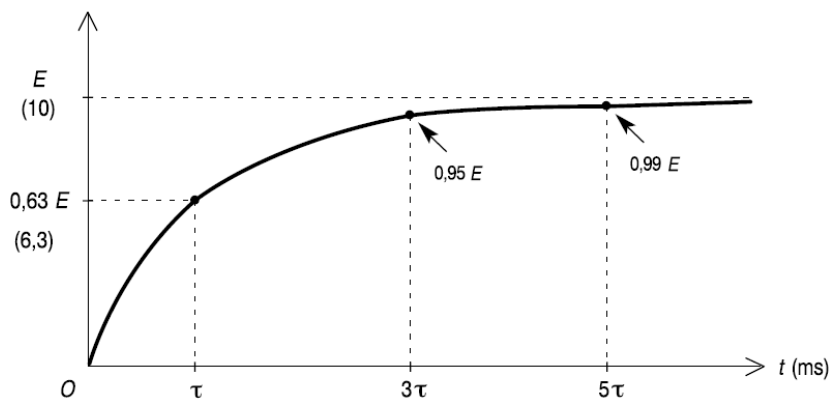


Circuit de charge d'un condensateur

La charge commence assez rapidement puis se ralentit de plus en plus. Pour chiffrer la durée de la charge, on définit la constante de temps du circuit par :

$$\tau = RC$$

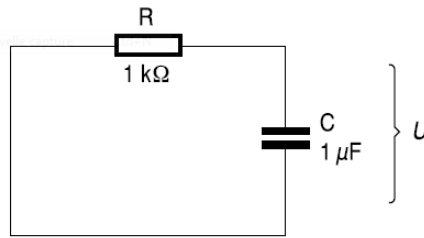
Évolution de la tension aux bornes d'un condensateur chargé par un générateur de tension et une résistance :



Quelques valeurs remarquables :

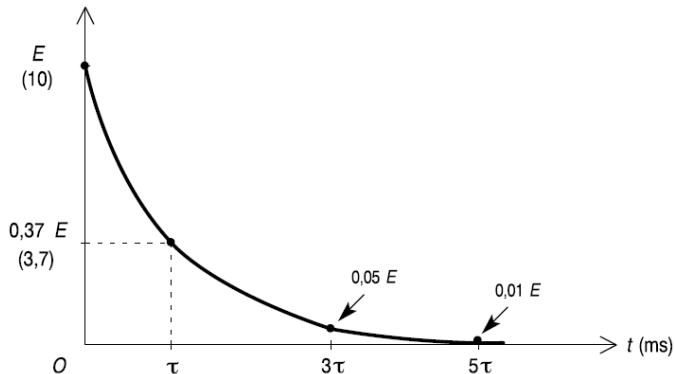
$t$	$U$
$\tau$	$0,63E$
$3\tau$	$0,95E$
$5\tau$	$0,99E$

La décharge du condensateur est obtenue en remplaçant le générateur E par un court-circuit.



Circuit de décharge du condensateur

Évolution de la tension aux bornes du condensateur lors de sa décharge :



Quelques valeurs remarquables :

$t$	$U$
$\tau$	$0,37 E$
$3\tau$	$0,05 E$
$5\tau$	$0,01 E$

La charge ou la décharge d'un condensateur est pratiquement terminée au bout de quelques constantes de temps : au bout de  $5\tau$ , on atteint la valeur finale à 1 % près. Les charges et décharges exponentielles sont utilisées dans de nombreux montages : astables, monostables...

Remarque:

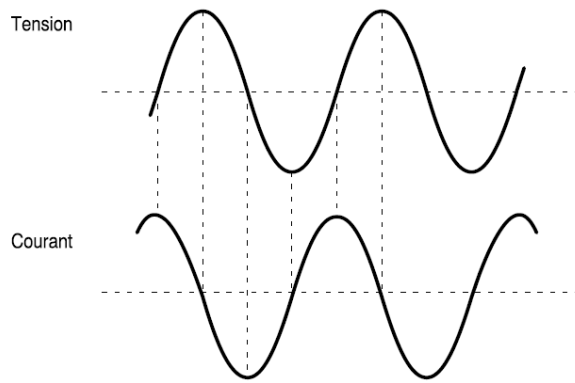
**Le condensateur ne réagit pas instantanément aux changements brusques de tension.**

### 6. Comportement en alternatif

Comme le courant alternatif change de sens périodiquement, les condensateurs se chargent et se déchargent sans arrêt. Ce mouvement continu donne l'impression qu'un courant alternatif traverse le condensateur alors qu'aucune charge ne passe d'une armature à l'autre. En régime sinusoïdal à fréquence donnée, on constate deux choses :

– la tension et le courant sont en quadrature, c'est-à-dire sont déphasés de  $90^\circ$ , la tension étant en retard sur le courant





Tension et courant en quadrature.

– la valeur efficace de la tension aux bornes du condensateur est proportionnelle à l'intensité efficace du courant :

$$U_{\text{eff}} = Z \cdot I_{\text{eff}}$$

Le coefficient  $Z$  est l'impédance du condensateur :

$$Z = 1/2\pi fC$$

Si l'on augmente la fréquence, on constate que l'impédance diminue.

La notion d'impédance pour un condensateur est voisine de la notion de résistance puisque la relation entre  $U$  et  $I$  a même forme que la loi d'Ohm. Toutefois, des différences importantes sont à noter. Tout d'abord, l'impédance ne se définit qu'en régime sinusoïdal permanent alors que la résistance est une grandeur indépendante des formes du courant et de la tension. En deuxième lieu, l'impédance d'un circuit ne décrit pas complètement son fonctionnement en sinusoïdal : il faut lui associer la connaissance du déphasage entre courant et tension. Pour terminer, l'impédance varie avec la fréquence des signaux, alors que la résistance est une constante. Cependant, en tenant compte des diverses restrictions qui viennent d'être exposées, on peut raisonner sur les impédances un peu comme sur les résistances. Les variations de l'impédance des condensateurs sont exploitées pour la réalisation des filtres de fréquence.

#### IV. Caractéristiques des condensateurs

##### 1. La valeur nominale

La capacité est la valeur nominale qu'un condensateur présente entre ses deux armatures ; elle se mesure en farads (symbole F).

Rappel: picofarad  $10^{-12}$  F (pF), nanofarad  $10^{-9}$  F (nF), microfarad  $10^{-6}$  F ( $\mu$ F).

##### 2. La tolérance

C'est la plage de valeurs entre lesquelles se situe la valeur réelle du condensateur.

**Ex :**  $10\mu\text{F} \pm 20\%$  ou  $10\mu\text{F} \pm 2\mu\text{F}$ .

## Codification de la tolérance

Toutes les valeurs du tableau ne sont pas utilisées en pratique.

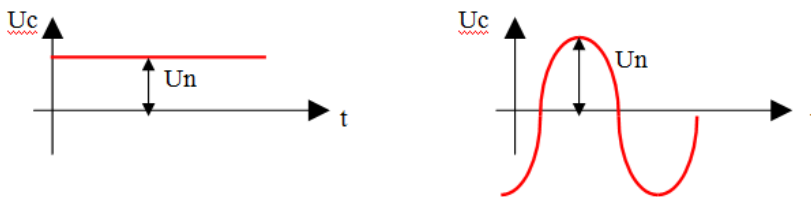
Lettre	tolérance (%)	Lettre	tolérance (%)	Lettre	tolérance (%)
A	$\pm 0.05\text{pF}$	G	$\pm 2\%$	N	$\pm 30\%$
B	$\pm 0.1\text{pF}$	H	$\pm 3\%$	P	-0% à +100%
C	$\pm 0.25\text{pF}$	J	$\pm 5\%$	S	-20% à +50%
D	$\pm 0.5\text{ pF}$	K	$\pm 10\%$	W	-0% à +200%
E	$\pm 0.5\%$	L	$\pm 15\%$	X	-20% à +40%
F	$\pm 1\%$	M	$\pm 20\%$	Z	-20% à +80%

### 3. Tension maximale (de service, nominale)

Tension notée sur le condensateur :

Si le signal est continu, c'est la tension à ne pas dépasser : VNCC

Si le signal est alternatif, c'est la tension crête à ne pas dépasser : VNCA



Si une tension trop importante est appliquée aux bornes du condensateur, le diélectrique se perce et le composant est détruit : c'est le claquage du condensateur.

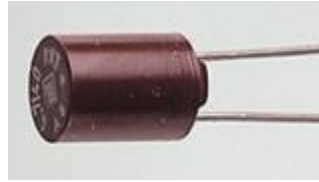
Lorsqu'une tension continue et une tension alternative sont appliquées en même temps sur le condensateur, la somme de la tension continue et de l'amplitude de crête de la tension alternative appliquée ne doit pas dépasser la tension de service. Une tension d'utilisation supérieure à celle indiquée peut endommager irrémédiablement le composant. Il existe en effet une valeur limite de tension, appelée tension de claquage, qui correspond à un seuil où le courant va traverser l'isolant (via une étincelle) et provoquer un court-circuit entre les deux pôles (armatures).

### Condensateurs chimiques de forte valeur non polarisés :

Il existe des condensateurs chimiques non polarisés de forte valeur, certains étant spécialement adaptés aux liaisons audio. Ces condensateurs (fabriqués par exemple par Panasonic ou par Monacor) peuvent être considérés comme deux condensateurs chimiques polarisés montés tête-bêche, pôles moins reliés ensemble ou pôle plus reliés ensemble.



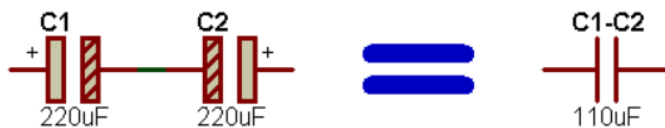
Condensateur axiaux



Condensateurs radiaux

Sur ces condensateurs, le repérage des connexions n'est pas nécessaire. Sur les condensateurs axiaux, le petit "renforcement" que l'on trouve sur les condensateurs chimiques polarisés pour repérer le pôle + est ici inexistant ou au contraire présent de chaque côté. Pour les condensateurs radiaux, pas de signe "Moins", mais une annotation "NP" (comme Non Polarisé) ou "BP" (comme Bi-Polarisé). Les condensateurs non polarisés facilitent parfois la conception de certains montages audio, mais ils coutent en général plus chers que les condensateurs chimiques polarisés.

**Remarque :** On peut réaliser un condensateur chimique non polarisé en câblant en série et en tête-bêche deux condensateurs polarisés standards (le signe + de "C1+C2" indique l'association des deux condensateurs, et non pas une opération algébrique) :



#### 4. La résistance d'isolement (ou de fuite)

C'est la valeur de la résistance mesurée entre les bornes du condensateur sous une tension continue. Exprimée en mégohms en fonction de la valeur de la capacité, elle définit en pratique la qualité du diélectrique : plus sa valeur est élevée, meilleur est l'isolement.

#### 5. Marquage des condensateurs

La valeur des condensateurs peut être indiquée soit en code alphanumérique, soit en code de couleurs.

##### 5.1 Marquage alphanumérique

###### Indication de la capacité

**47** : 47pF ou 47μF selon le type de condensateur. En général, il n'y a pas de doute possible

**.47** : 0,47μF

**4p7** : 4,7pF - le symbole p (n pour nano, u ou μ pour micro) est à la place du point décimal

**47n** : 47nF

**n47** : 0,47nF = 470pF

**4k7** : 4700pF - sur les condensateurs céramiques, la lettre k peut être un multiplicateur par 1000

**104** : 10x10000 = 100nF - le 3ème chiffre représente le nombre de zéros à ajouter au nombre formé par les deux premiers chiffres

**4R7** : 4,7pF - un "R" remplace le point décimal

**R47** : 0,47pF

### Indication de la tolérance

pas de tolérance indiquée : en général 20%

**5%** : 5%, sans aucun doute

**.22 J 63** : 0,22 $\mu$ F 5% (voir tableau alphabétique des tolérances ci-dessous) 63V

**220n K** : 220nF = 0,22 $\mu$ F 10% (lettre K)

**0,47/10 400V** : 0,47 $\mu$ F 10% 400volts (le symbole % est souvent omis)

**473K** : 47nF 10%

### Indication de la tension

**.33 K 63** : 0,33 $\mu$ F 10% 63 volts (l'unité V est très souvent omis)

**0,22/250** : 0,22 $\mu$ F 250 volts

**0,01/10/160** : 10nF 10% 160 volts

**4n7 K 100** : 4,7nF 10% 100 volts

**561K63V** : 560pF 10% 63 volts

**500pF 500V- 200V~** : 500pF 500volts en continu et 200 volts en alternatif

**100M1kV** : 100pF 20% 1000 volts

### **Marquage numérique sans unité**

S'il y a présence d'un point avant ou parmi les chiffres, la valeur est exprimée en micro Farad ( $\mu$ F).

Exemple : **.0022**  $\Rightarrow$  0,0022  $\mu$ F soit 2,2 nF

Sinon la valeur est exprimée en pico Farad (pF).

Exemple : **2200**  $\Rightarrow$  2200 pF soit 2,2 nF

### **Tolérance des composants avec marquage numérique**

La tolérance est exprimée par une lettre :

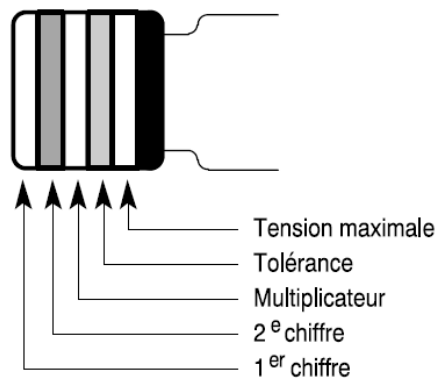
F =  $\pm$  1 %   H =  $\pm$  2,5 %   K =  $\pm$  10 %

G =  $\pm$  2 %   J =  $\pm$  5 %   M =  $\pm$  20 %

Exemple : **2200M**    $\Rightarrow$    2200 pF   soit 2,2 nF à 20 %

**104K**    $\Rightarrow$    100000 pF   soit 100 nF à 10 %

## 5.2 Affichage en code de couleurs



Chiffres significatifs	Multiplicateur	Tolérance	Coefficient température	Tension de service
		Rien : +/- 20 %		Rien : 500 V
	Argent : x 0,01	Argent : +/- 10 %		Argent : 2000 V
	Or : x 0,1	Or : +/- 5 %	Or : + 100	Or : 1000 V
Noir : 0	Noir : x 1	Noir : +/- 20 %	Noir : 0	
Marron : 1	Marron : x 10	Marron : +/- 1 %	Marron : - 30	Marron : 100 V
Rouge : 2	Rouge : x 100	Rouge : +/- 2 %	Rouge : - 80	Rouge : 200 V
Orange : 3	Orange : x 1 K		Orange : - 150	Orange : 300 V
Jaune : 4	Jaune : x 10 K		Jaune : - 220	Jaune : 400 V
Vert : 5	Vert : x 100 K	Vert : +/- 5 %	Vert : - 330	Vert : 500 V
Bleu : 6	Bleu : x 1 M		Bleu : - 470	Bleu : 600 V
Violet : 7	Violet : x 10 M		Violet : - 750	Violet : 700 V
Gris : 8			Gris : - 2200	Gris : 800 V
<b>Blanc : 9</b>		<b>Blanc : +/- 10 %</b>		<b>Blanc : 900 V</b>

## V. Utilisation et application

### 1. Condensateur ajustable

Le condensateur ajustable est un condensateur dont on peut faire varier la valeur capacitive grâce à un axe mécanique. Le diélectrique qui le compose est à air, à plastique ou céramique. Ces petits condensateurs ont de faibles capacités (quelques picofarads ou quelques dizaines de picofarads).



Symbole

Le condensateur ajustable est généralement de taille assez réduite et son positionnement se fait lors de la première mise en service d'un circuit électronique. Il n'est pas prévu pour être retouché par la suite, sauf éventuellement pour un petit réajustage de maintenance.

Le réglage se fait à l'aide d'une vis.

On utilise principalement ce type de condensateur pour les circuits d'accord AM et FM et plus généralement en électronique Haute Fréquence.

#### 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



Leur plage de valeur est déterminée par la couleur du boîtier et par sa taille

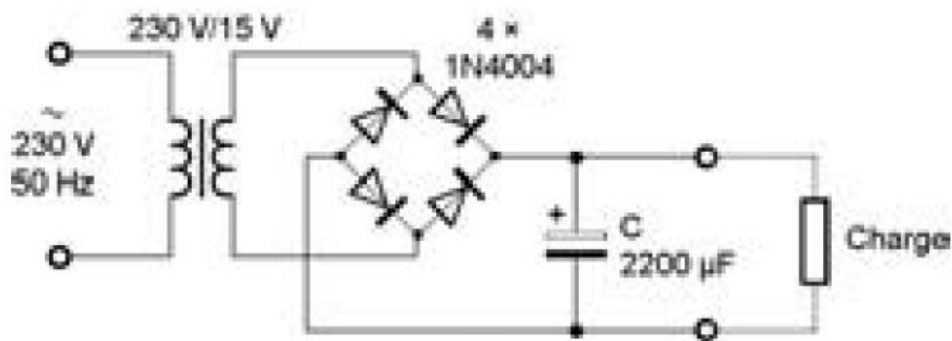
#### 2. Condensateur variable

Le condensateur variable est un condensateur ajustable mais prévu pour être manipulé de façon régulière : son axe mécanique est accessible par l'utilisateur.

D'une manière générale, un condensateur variable a une taille plus imposante que celle d'un condensateur ajustable ; le diélectrique étant l'air.

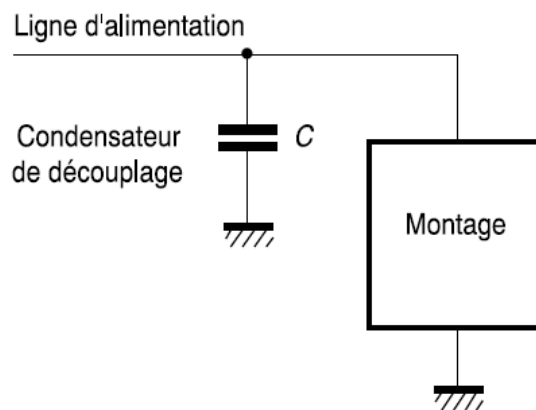
Un condensateur variable peut être par exemple utilisé dans un récepteur radio simple, non programmable, où il est associé à une self pour former un circuit bouchon : dans ce cas, l'accord en fréquence sur les stations à recevoir se fait en tournant l'axe du composant.

### 3. Alimentations continues à partir du secteur



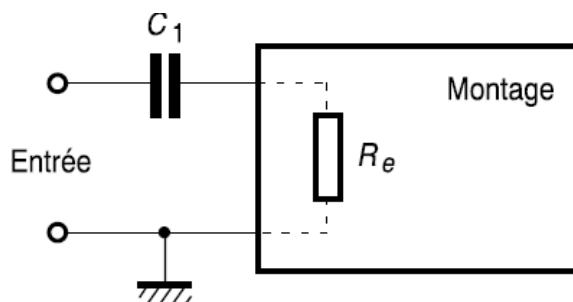
### 4. Condensateurs de découplage

La tension continue d'alimentation n'est pas rigoureusement constante à cause des parasites et des chutes de tension créées par les courants consommés par les circuits. En branchant un condensateur entre la ligne d'alimentation et la masse, on élimine ces variations de tension qui pourraient perturber le fonctionnement du montage.



- Condensateur connecté au plus près du circuit

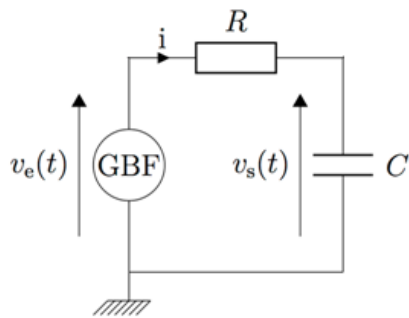
### 5. Condensateur de liaison



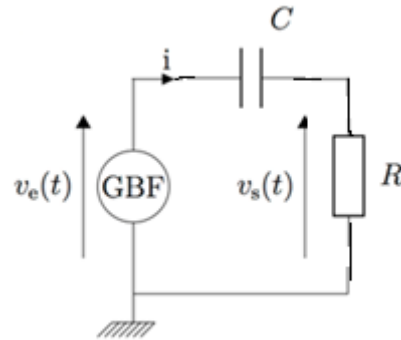
Le condensateur  $C_1$  empêche le passage des composantes continues qui constituent la polarisation et transmet les composantes alternatives qui forment le signal utile.

## 6. Filtrage

La variation de l'impédance d'un condensateur avec la fréquence est exploitée dans les filtres.



Filtre Passe-bas



Filtre Passe-haut