LES CONDENSATEURS

Caractéristiques et utilisation du condensateur

Le rôle du condensateur est d'emmagasiner l'énergie électrique. Il se caractérise par :

- La capacité (en Farad), plus cette valeur est élevée, plus le condensateur emmagasine du courant.
- La tension (en Volt), c'est la tension maximale que l'on peut appliquer aux bornes du condensateur.

Les différents types de condensateurs

Le condensateur au papier

Ces condensateurs sont constitués par le bobinage de deux feuilles très fines d'aluminium séparées par plusieurs feuilles de papier imprégnées d'huile ou de paraffine. Les deux feuilles en aluminium très pur (99,99 %), pour éviter l'oxydation pendant la fabrication, constituent les armatures tandis que l'isolant intercalé entre elles forme le diélectrique.

Ce type de condensateur présente un grave inconvénient car ses armatures, étant enroulées sur elles-mêmes, entraînent l'apparition d'une inductance en série avec la capacité du condensateur pour les hautes fréquences. Pour y remédier, on procède généralement en métallisant la tranche dépassant de chaque armature, par évaporation cathodique avec du cuivre. Les bornes de sortie sont soudées sur cette métallisation. On obtient des condensateurs non inductifs ; le contact est parfait et l'encombrement réduit. Les valeurs de capacité sont généralement comprises entre 500 pF et 0,5 µF avec quelques exceptions pour certains types particuliers. Les valeurs de tension nominale oscillent entre 125 VN et 1 000 VN.

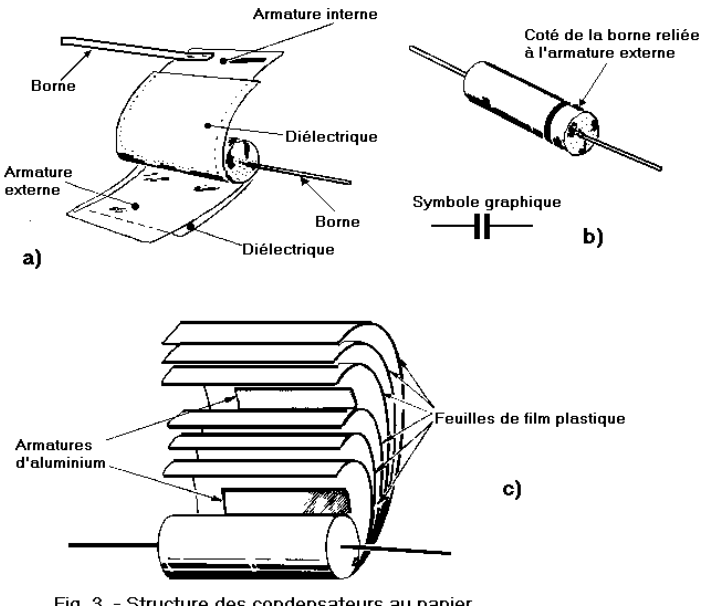
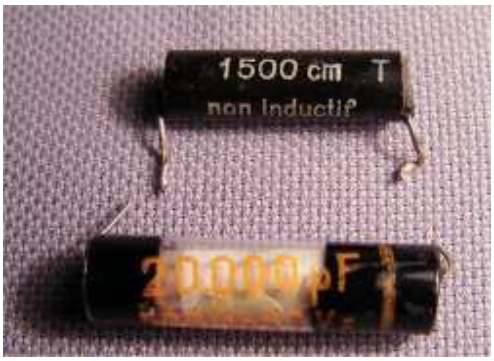


Fig. 3 - Structure des condensateurs au papier



Exemple de condensateur au papier

Ses armatures sont constituées par des feuilles de papier d'aluminium très pur (99,99%) dont l'épaisseur varie entre 6 et 10 microns pour les petites valeurs et 60 à 100 microns pour les grandes valeurs sous tension élevée. Son diélectrique est bien sûr du papier fabriqué très soigneusement.

Le condensateur à film plastique

Le condensateur à film plastique supporte des températures élevées et possède une résistance d'isolement très importante. Il y plusieurs types de diélectriques :

Polypropylène : Le diélectrique est soit du papier-polypropylène, soit un film de polypropylène métallisé (métallisation d'épaisseur 0,000020 mm). La résistance d'isolement est très élevée puisqu'elle atteint 10+5 MΩ.µF.

Polycarbonate : Ce type de diélectrique permet de réaliser des condensateurs de haute qualité (type I)dont la capacité reste très stable aux températures ordinaires. On trouve des condensateurs à film métallisé pour les applications à basse puissance et des condensateurs à armatures en aluminium pour les applications à haute tension utilisables de -55 à +125°C le diélectrique est alors un mixte papier et polycarbonate.

Polyester : Bien connu sous le nom de mylar, le film polyester permet de réaliser des condensateurs d'usage général à prix réduit et dont les performances sont assez moyennes. La stabilité des caractéristiques (capacité, pertes, résistance d'isolement) en fonction de la température et de la fréquence est plutôt médiocre, c'est pourquoi on les utilise surtout dans des applications de découplage, filtrage, antiparasitage... là où la valeur exacte de la capacité n'a guère d'importance.

Polystyrène : Les condensateurs au polystyrène (ex : *styroflex*) sont bien adaptés pour la radio avec des pertes très faibles, une résistance d'isolement très élevée (> à 10+6 MΩ.µF), un coefficient de température négatif bien pratique pour compenser les dérives de fréquence des oscillateurs... On trouve ce genre de condensateurs (type I) pour des tensions inférieures à 1000 volts et des capacités allant de quelques picofarads à quelques microfarads avec des tolérances serrées.

Au polyester métallisé de type cylindrique et plat

Au polyester métallisé avec bornes radiales

Au polycarbonate à couche avec bornes radiales

Fig. 4. - Aspect typique de quelques condensateurs à film plastique.

Le condensateur au mica

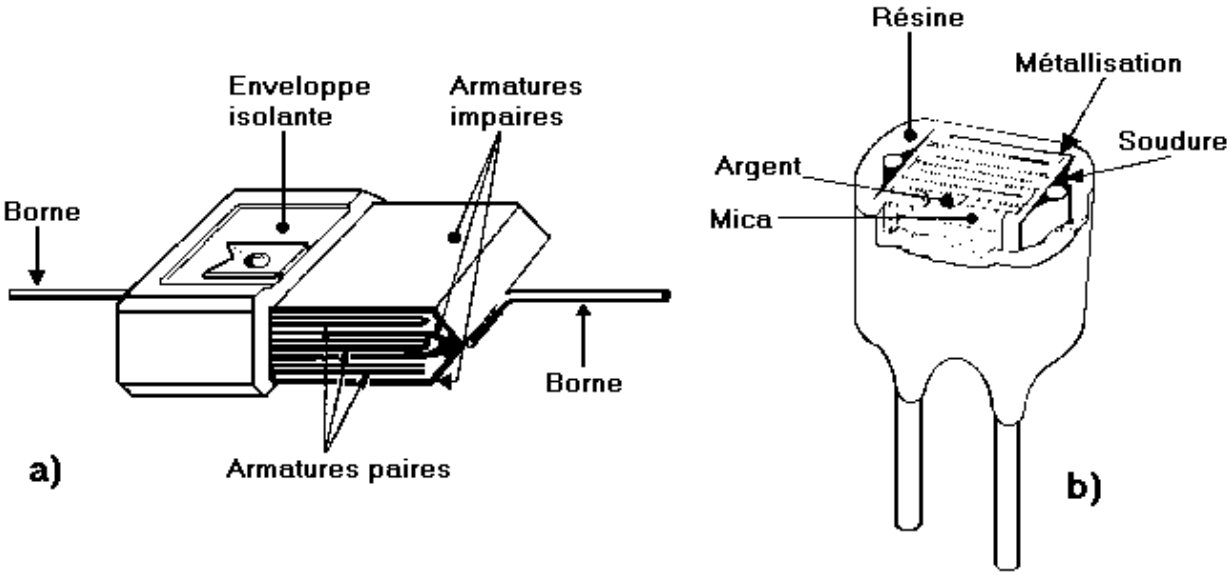


Fig. 5. - Structure et aspect extérieur des condensateurs au mica.

Le mica a été utilisé comme diélectrique depuis les premières années de fabrication des condensateurs ; les premiers types étaient réalisés en alternant des feuilles de mica et de très fines feuilles de cuivre ou d'aluminium de manière à former un empilage qui était ensuite comprimé puis imprégné d'un matériau isolant. Une armature du condensateur, soudée à l'une des bornes, est constituée des feuilles métalliques impaires reliées entre elles ; l'autre armature formée des feuilles paires est soudée à l'autre borne.

Dans la nouvelle version, la même structure est réalisée en déposant une très légère couche d'argent sur les feuilles de mica. Ces dernières sont reliées électriquement à deux faces métallisées auxquelles les bornes sont soudées. L'ensemble est ensuite enrobé par une résine isolante moulée qui confère au condensateur une structure rigide.

Ces condensateurs sont caractérisés par une stabilité élevée, un coefficient de température très faible et ils sont particulièrement adaptés à des usages professionnels dans les circuits H.F. d'instruments de mesure. La gamme des capacités s'étend de quelques picofarads à quelques centaines de nanofarads pour des tensions de service de 300 V à plus de 2 500 V.

Dans le secteur grand public, les condensateurs au mica ont cédé la place aux condensateurs en polystyrène qui ne sont pas aussi stables et fonctionnement dans une gamme de température plus limitée ; en contrepartie ils présentent un encombrement plus réduit et sont surtout plus économiques.

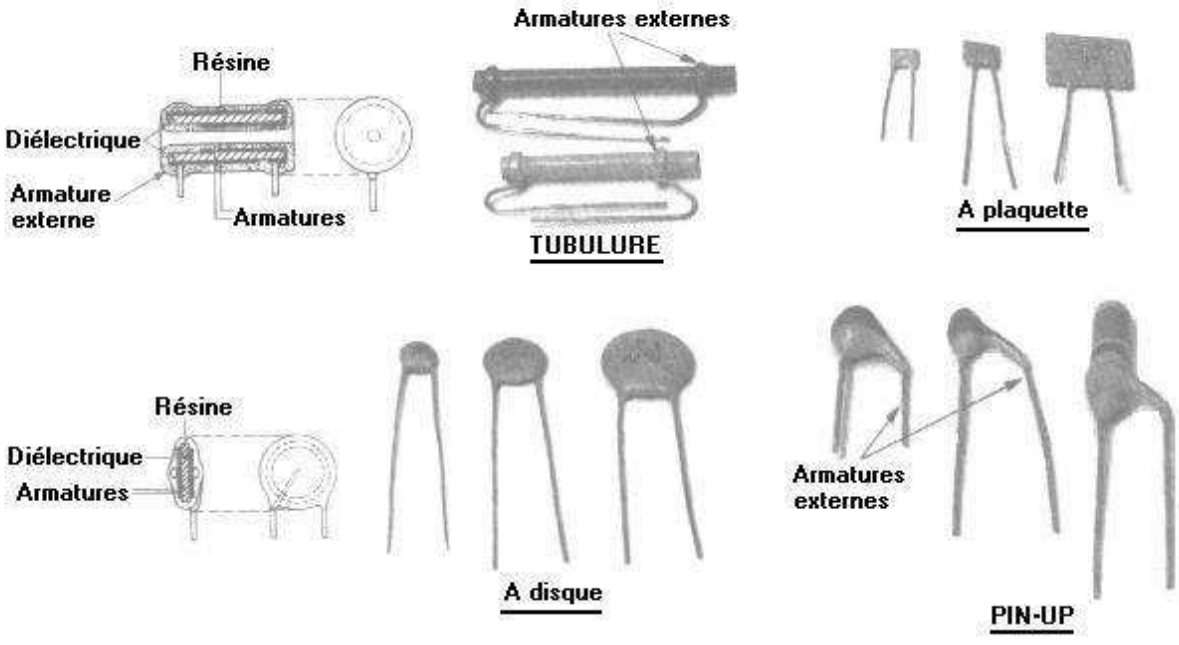
Le condensateur céramique

Les condensateurs céramiques sont également excellents en HF. On mélange et on broie finement du silicate de magnésium, de l'alumine et du corindon auxquels on ajoute des oxydes de titane, baryum ou strontium. La poudre obtenue est séchée, tamisée puis moulée sous pression avec de l'argile ou un liant organique et cuite à une température supérieure à 1 000° C.

Les pièces obtenues sont émaillées au four électrique pour supprimer leur porosité. Les armatures sont obtenues par métallisation d'argent sur les deux faces.

La protection est assurée normalement par une couche de peinture laquée cuite au four. Les condensateurs de découplage peuvent être enrobés sous vide d'une cire protectrice pour améliorer leur isolement.

Selon l'aspect de l'enrobage, on distingue, entre autres, les types tubulaires, à plaquettes, à disques, pin-up :



Le condensateur électrolytique

Les condensateurs électrolytiques sont utilisables que en basse fréquence. On les utilise souvent en filtrage, en découplage ou en dépolarisation.

Une des données caractéristiques des condensateurs céramiques est le coefficient de température qui agit fortement sur la valeur de la capacité de certains de ces composants dont l'emploi est proscrit dans les montages électroniques pointus. Il existe quand même des céramiques à très faible coefficient de température, voire nul ; on arrive également à des tolérances très étroites et l'utilisation la plus courante de ces condensateurs est le découplage H.F. et U.H.F. en raison de leur faible inductance parasite.

Parmi les condensateurs céramiques à usage spécial, utilisés en H.F. et U.H.F., il existe les types «BY-PASS» qui servent au découplage de fils traversant un châssis ou un blindage. Le colleret qui représente l'armature extérieure est soudé au châssis ; l'autre armature est reliée à deux bornes axiales qui sortent à chaque extrémité du composant ou à une borne en forme d'œillet.

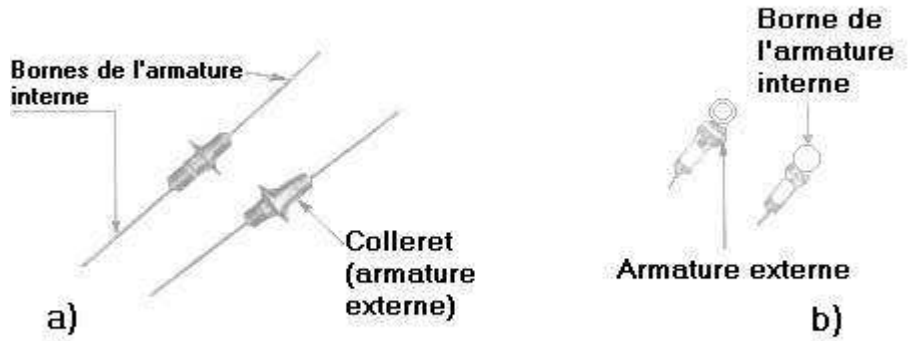


Fig. 7. - Condensateurs céramiques BY-PASS.

On obtient des condensateurs électrolytiques ayant des capacités de l'ordre de 1 µF à plus de 10 000 µF avec des tensions de service allant d'environ 3 à 500 V. La tolérance sur les valeurs nominales est assez large et peut atteindre jusqu'à + 100 %.

Un condensateur électrolytique sert au filtrage ou au découplage. On applique à ses bornes une tension continue et une tension alternative superposées (50 Hz, 100 Hz ou B.F.). Le pourcentage de la tension alternative par rapport à la tension continue ne doit pas dépasser 15 % pour les tensions de service supérieures à 50 V. De plus, la somme de la tension continue et de la tension alternative de crête ne doit pas dépasser la tension de service nominale du condensateur.

Condensateur électrolytique au papier-aluminium :

Ils se différencient des autres types (papier, film plastique...) par le fait qu'une armature (anode) est constituée d'une feuille d'aluminium lisse ou gravée sur laquelle a été déposée une couche très mince d'alumine par un procédé chimique. Le diélectrique est ici formé par l'alumine et la seconde armature est constituée par l'électrolyte retenu dans du papier poreux appelée parfois «papier buvard». La liaison avec l'électrolyte est réalisée au moyen d'une deuxième feuille d'aluminium, appelée cathode sur laquelle est fixée une borne de sortie. L'autre armature (anode) possède également une borne de sortie qu'il faudra relier impérativement à un potentiel plus grand que celui de la cathode.

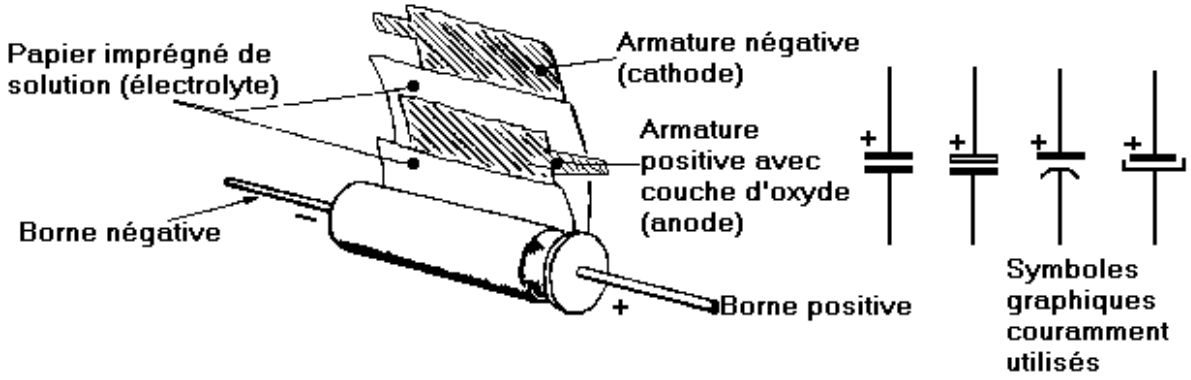


Fig. 8. – Structure d'un condensateur électrolytique au papier-aluminium.

Quelques condensateurs électrolytiques de forme cylindrique particulièrement employés pour le filtrage de grandeurs électriques redressées sont illustrés figure 10-a. Les bornes sont axiales et le boîtier en aluminium peut se présenter avec ou sans revêtement plastique isolant.

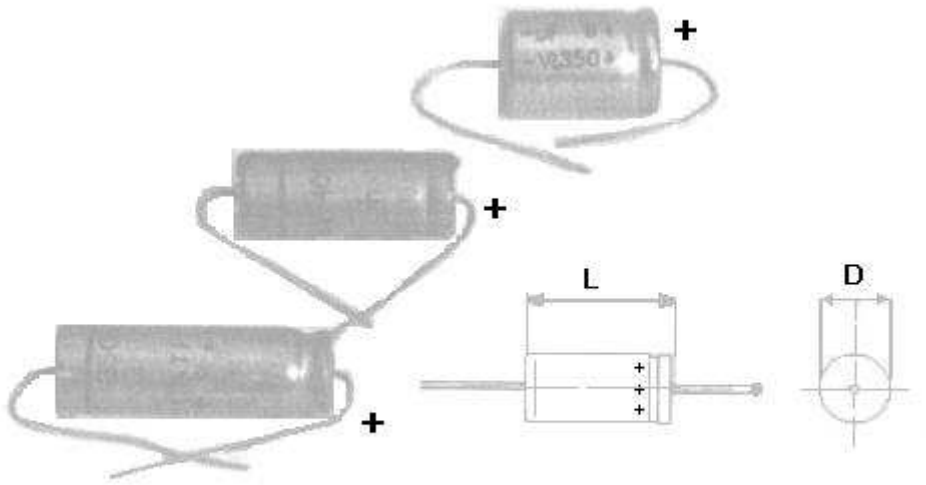


Fig. 10-a. - Condensateurs électrolytiques de type axial pour tensions élevées.

Condensateurs double capacité :

Il existe aussi des condensateurs avec deux bornes positives et une négative ; ils sont utilisés dans les cas où l'endroit disponible est trop petit. Il s'agit en fait de deux condensateurs enfermés dans une enveloppe cylindrique équipée de trois bornes.

La figure 11 représente ce type de condensateur double, l'un avec des bornes en fil de cuivre étamé et l'autre avec des bornes en languettes.

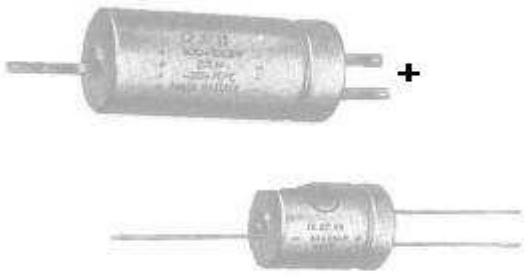


Fig. 11. - Condensateurs électrolytiques à double capacité avec bornes axiales.

Condensateurs à vis :

Les condensateurs à vis illustrés en dessous sont employés pour résister aux chocs et aux vibrations. Les armatures et l'électrolyte sont enfermés hermétiquement dans un boîtier métallique d'où sortent les bornes de raccordement.

Deux condensateurs électrolytiques à vis qui diffèrent entre eux seulement par le système de sortie des bornes sont illustrés sur les figures 12-a et 12-b ; pour le type illustré sur la figure 12-a, la borne négative est parfois absente ; dans ce cas, le raccordement électrique s'obtient en fixant le condensateur au moyen d'un écrou sur le châssis métallique de l'appareil qui est la masse (0 V) du circuit électrique.

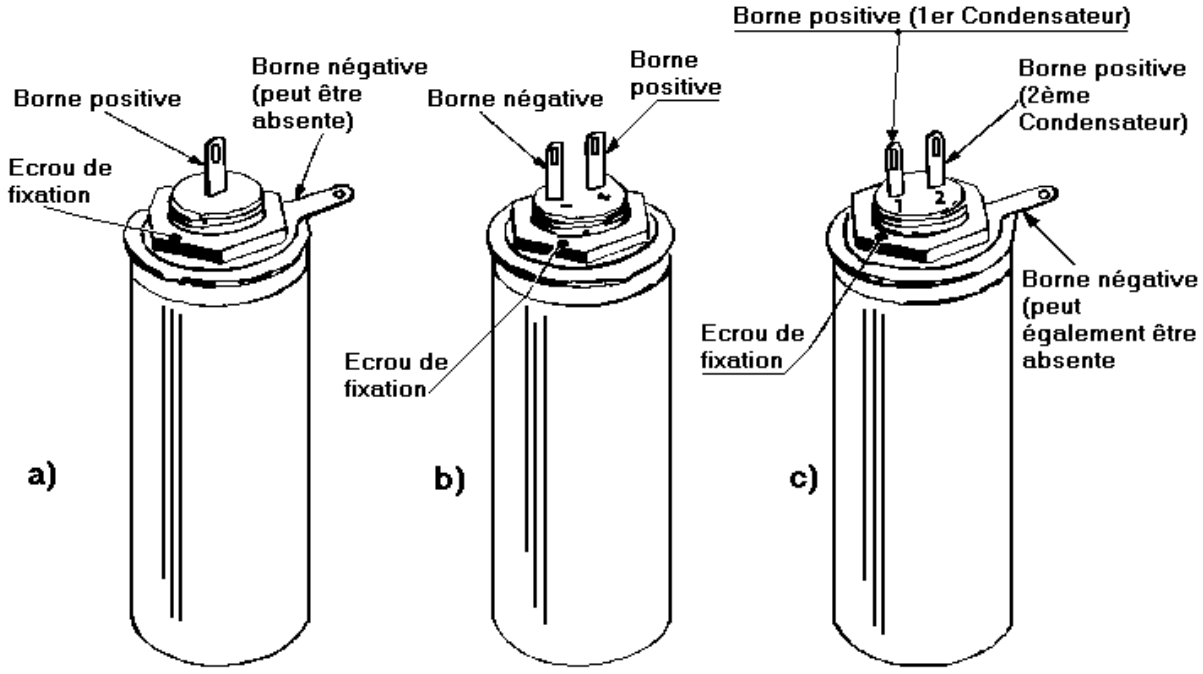


Fig. 12. – Condensateurs électrolytiques à vis.

Tantalgoutte :

De production plus récente, les condensateurs électrolytiques au tantale présentent des caractéristiques nettement plus avantageuses que ceux en aluminium.

Tout d'abord, la constante diélectrique de l'oxyde de tantale est environ du double de celle de l'oxyde d'aluminium ; de plus, la pellicule de l'oxyde de tantale est beaucoup plus fine et présente des qualités de stabilité plus élevée.

Les caractéristiques montrent que l'on peut utiliser les condensateurs au tantale à des températures maximales de 125° C, alors que les condensateurs électrolytiques à l'aluminium ne sont utilisables que jusqu'à 85° C.

Les dimensions d'un condensateur au tantale sont nettement plus petites que celles de son équivalent à l'aluminium pour la même capacité et la même tension de service. La tolérance subit la même loi et on atteint ± 5 % avec le tantale, valeur irréalisable avec un condensateur électrolytique en aluminium. Le principe est le même que celui des condensateurs électrolytiques à anode en aluminium ; la différence est qu'ici, l'anode est au tantale.

Le diélectrique est un film d'oxyde de tantale dont la permittivité relative va de 11 à 26, ce qui permet de réaliser des condensateurs subminiatures et d'une grande fiabilité.

Le tantale est un métal réfractaire traité par métallurgie des poudres. Cette poudre de tantale est pressée en barreaux soumis à un premier frittage sous vide. Puis, ils sont forgés à froid pour être moins poreux. A nouveau, ils sont frittés sous vide vers 2 900° C pour atteindre une densité d'environ 16,5. Les lingots peuvent être laminés et étirés à froid jusqu'à obtenir des feuilles de 12 µm d'épaisseur et des fils de 0,1 mm de diamètre.

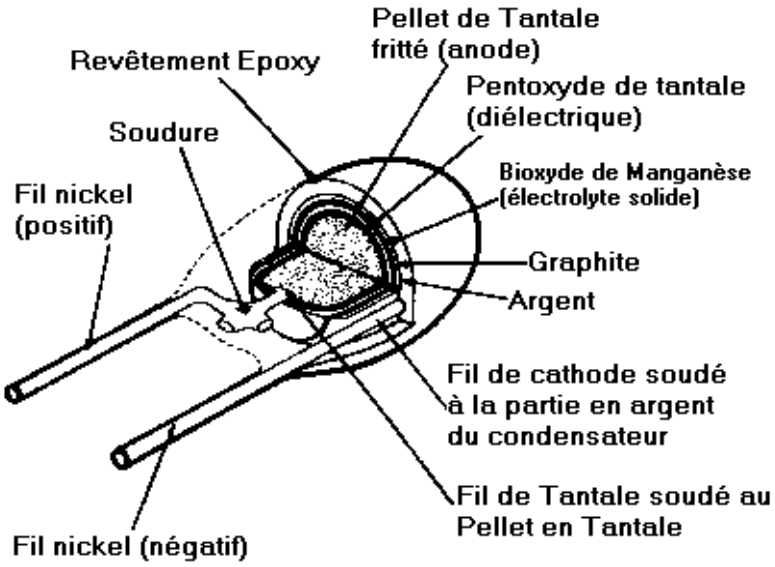


Fig. 18-c. - Condensateur tantale à électrolyte solide en boîtier époxy (Modèle récent).

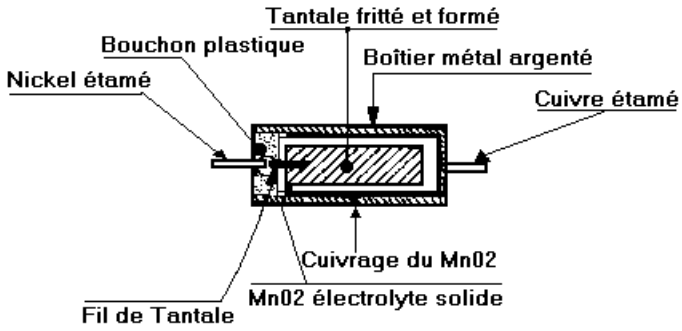


Fig. 18-a. Condensateur au tantale à électrolyte solide (ancien modèle).

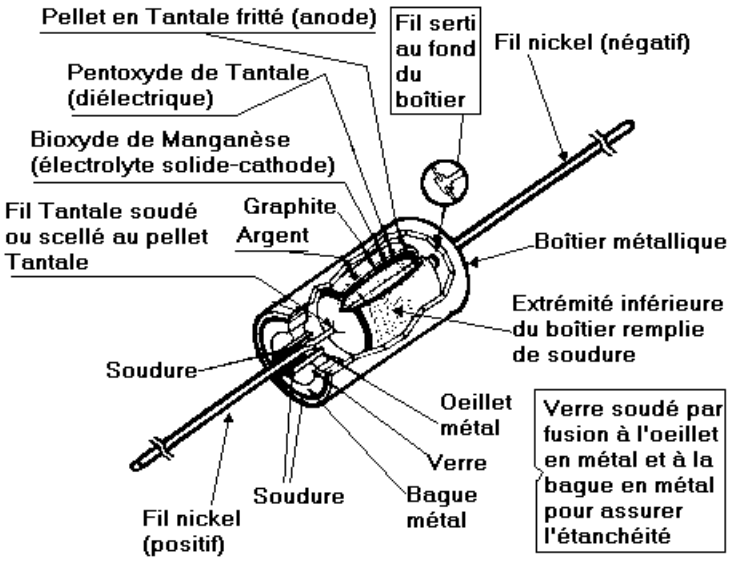


Fig. 18-b. - Condensateur à électrolyte solide et scellement hermétique (modèle récent).

Modèle a anode massive frittée :

L'anode est constituée par une pastille de poudre de tantale pressée et frittée (appelée aussi «pellet»). La pastille étant poreuse, on obtient une surface active de 1 m^2 par cm^3 de volume.On forme l'anode au moyen d'un électrolyte très fluide et de faible résistance. C'est l'acide sulfurique qui convient le mieux. La cathode est formée par un boîtier en argent qui assure un bon contact avec l'électrolyte et n'est pas attaqué par lui. La sortie cathodique est réalisée par un fil de cuivre étamé soudé au boîtier. La sortie anodique est constituée par un fil de tantale pressé contre la pastille. Il est soudé électriquement à un fil de nickel étamé qui sort du condensateur. Le boîtier en argent est obturé par une résine thermodurcissable ou protégé par un manchon métallique ou isolant selon le cas.

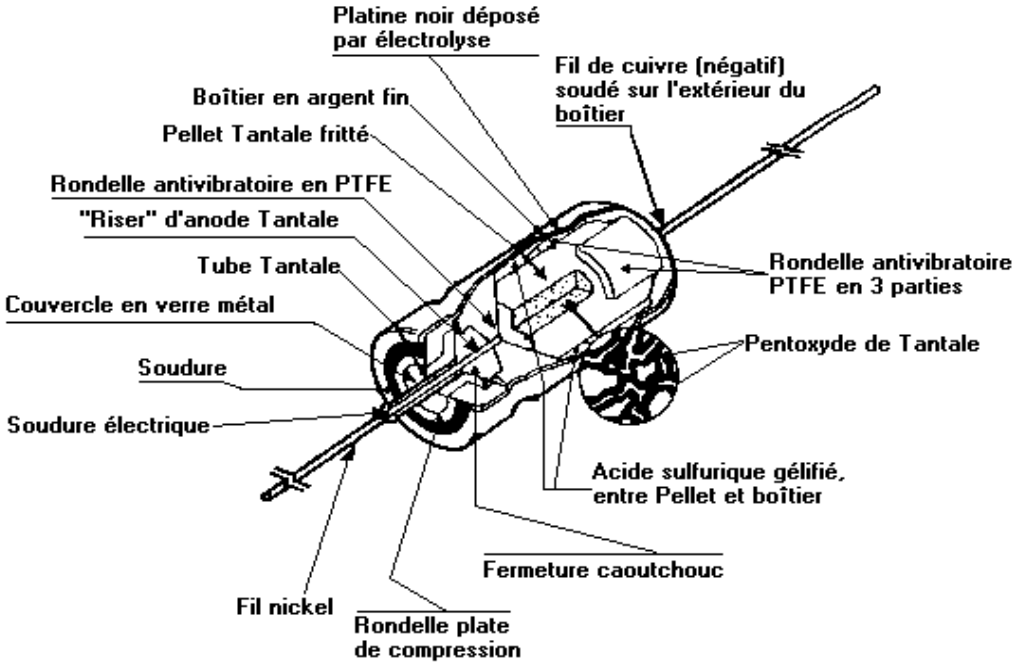


Fig. 17-a. - Condensateur à anode frittée et scellement hermétique (modèle récent).

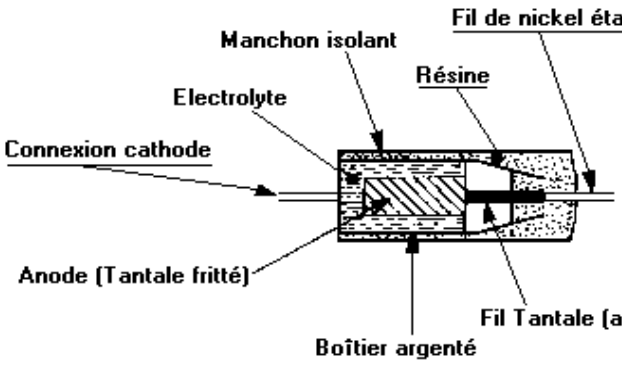


Fig. 17-b. - Condensateur au tantale à anode massive frittée (ancien modèle).

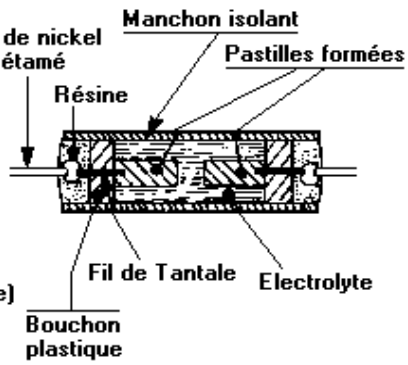
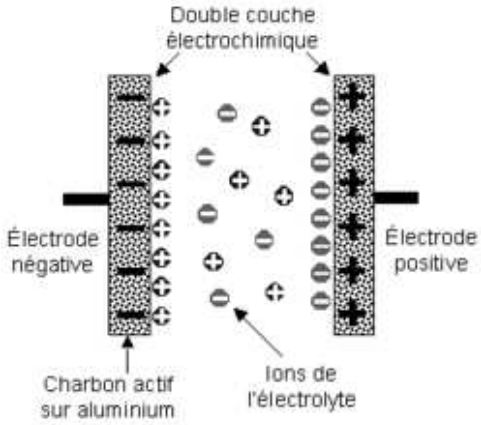


Fig. 17-c. - Condensateur à anode massive non polarisée (ancien modèle).

Le condensateur chimique polarisé

Ce type de condensateur est donc polarisé et ne doit donc être utilisé que sur du courant continu et la tension d'emploi devra être bien inférieure à celle marquée sur son corps. Le repérage de leurs polarités se fait soit par signes + et/ou – ou par un anneau de couleur rouge du côté du fil correspondant au +. En cas de doute examiner ses deux extrémités, le – est toujours relié à la carcasse alors que le + est relié au plot central. Lorsque ses dimensions ne le permettent pas (tantale par exemple) un point de repérage est alors placé au plus près du fil correspondant au +.

Exemple de condensateur chimique Polarisé



Le condensateur chimique non polarisé

Leur principal avantage est de pouvoir êtres utilisés sur du courant alternatif, ils n'ont donc pas de sens de branchement. On les emplois principalement pour les antiparasites, démarrage moteur, filtres.

Exemple de condensateur non polarisé

Le condensateur ajustable (trimmer)

Comme pour les résistances, il existe des condensateurs variable (qui « ressort » de l'appareil) et des condensateurs ajustable qui est réglable avec un outil. Il peut y avoir des condensateurs ajustables à aire, céramique et au mica.

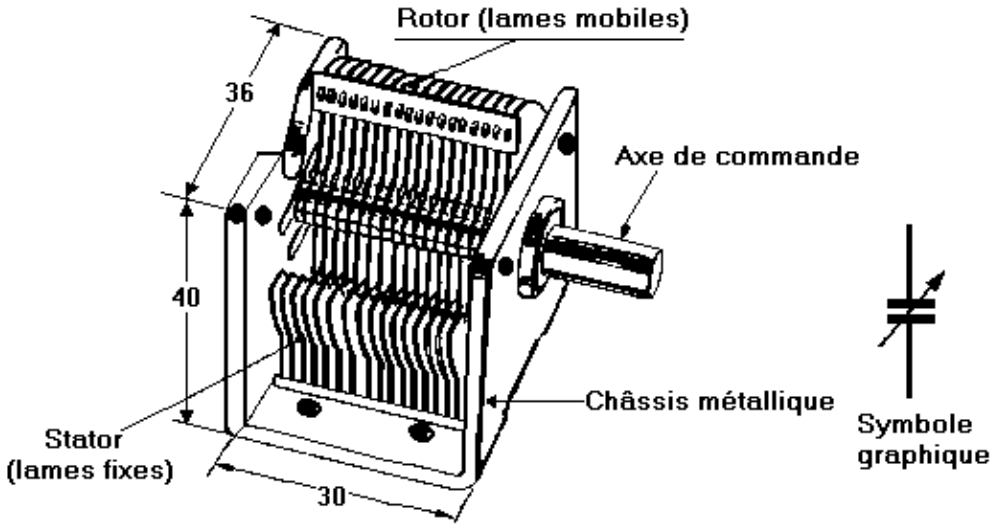
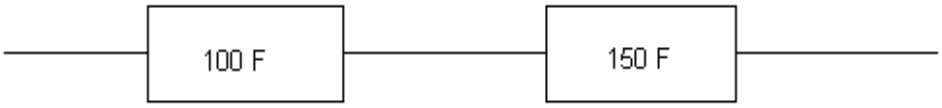


Fig. 30. – Condensateur variable à air avec une cage.

Groupement en série

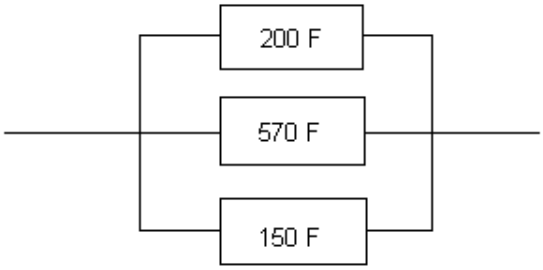
On dit que des condensateurs sont en série, ça veut dire qu'ils se suivent les uns par rapport aux autres. La formule est la même que pour les résistances en parallèles.



$$\frac{1}{100} + \frac{1}{150} = \frac{1x150}{100x150} + \frac{1x100}{150x100} = \frac{150}{15\,000} + \frac{100}{15\,000} = \frac{250}{15\,000} = \frac{15\,000}{250} = 60$$

On peut remplacer les deux condensateurs par un condensateur de 60 F.

Groupement parallèles



200 + 570 + 150 = 920

On peut remplacer les trois condensateurs par un condensateurs de 920 F

La capacité d'un condensateur

La capacité est la charge qu'un condensateur peut emmagasinée. 1 Farad correspond à 1 Volt et 1 Coulomb soit 1 ampère pendant 1 seconde entre ses armatures.

$$Q = C \times V$$
$$V = Q / C$$
$$C = Q / V$$

Q en coulomb
V en volt
C en farad

La constante de temps

La constante de temps (tau) est le temps que met le condensateur à se charger et à se décharger.

Pour modifier le temps de charge, on place une résistance en série avec le condensateur et pour modifier le temps de décharge, on place une résistance en parallèle.

Il y a une relation qui permet de définir : **RxC**

R Résistance en ohm
C Capacité en Farad
Constante de temps

Ce qu'il faut savoir aussi, c'est que le condensateur commence sont déchargement quand il est charger à 70% et recommence à se charger quand il est décharger à 30%.