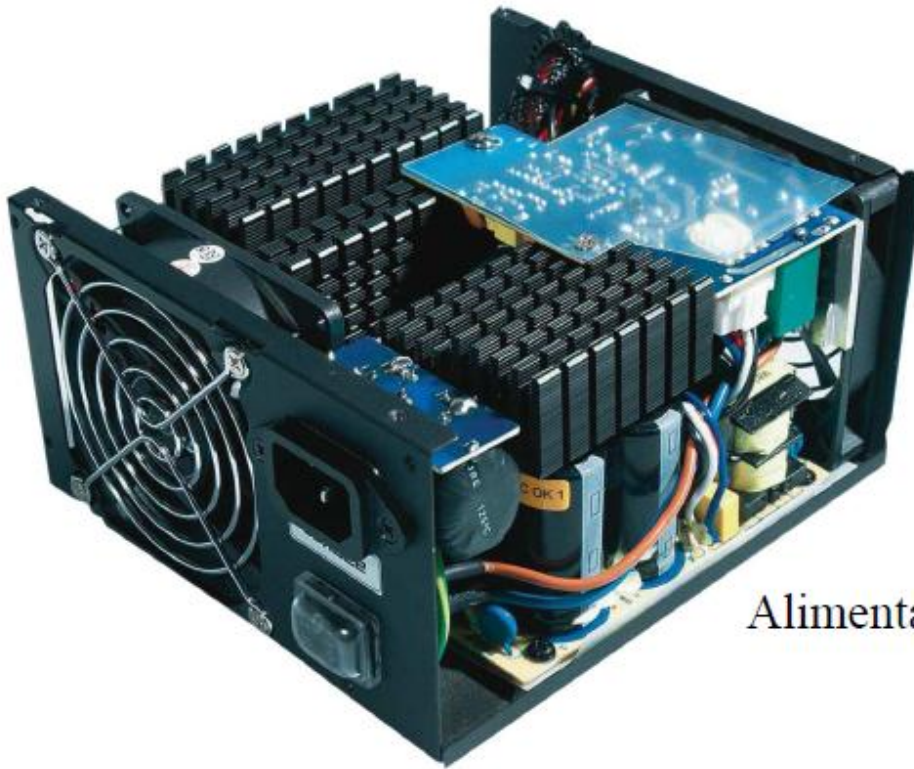


MAINTENANCE ELECTRONIQUE



Alimentation de PC

Mr. Mazoughou GOEPOGUI

Tel: 655 34 42 38 / 669 35 43 10

E-mail: massaleidamagoe@yahoo.fr

I. Concept général.

1. Introduction.
2. Maintenance et sécurité de travail.
 - 2.1. Sécurité de l'utilisateur.
 - 2.2. Sécurité du technicien.
 - 2.3. Sécurité des composants.
3. Equipements de maintenance.
 - 3.1. Appareils de mesure.
 - 3.2. Instruments de soudage.

II. Technologie des composants électroniques.

1. Résistances.
2. Bobines.
3. Relais.
4. Transformateurs.
5. Condensateurs.
6. Diodes.
7. Transistors.
8. Amplificateurs opérationnels.
9. Circuits intégrés logiques.

III. Maintenance des alimentations.

1. Alimentation non régulée pour charge de batterie.
2. Alimentation régulée pour adaptateur d'appareil basse tension.

IV. Maintenance des onduleurs et ASI.

1. Onduleurs.
2. Alimentation Sans Interruption (ASI).

V. Maintenance des amplificateurs.

1. Architecture et fonctionnalité.
2. Panne d'allumage.
3. Panne de son.

VI. Maintenance des écrans LCD et téléviseurs.

1. Ecrans LCD simple.

1.2. Problèmes d'allumage.

1.3. Problèmes d'affichage.

2. Téléviseurs à écran LCD.

2.2. Problèmes d'allumage.

2.3. Problèmes d'affichage.

2.4. Problèmes de son.

I. CONCEPT GENERAL.

1.1. Introduction.

L'observation du comportement des appareils en défaut est une première étape, très importante en dépannage électronique : elle doit permettre de déterminer quelles exigences fonctionnelles ne sont pas remplies. Quand la situation est difficile à appréhender et quand cela est nécessaire on détermine le groupe fonctionnel susceptible d'être à l'origine du défaut. Partant de cette hypothèse, l'analyse montre ensuite comment agir pour tenter de modifier le comportement de l'appareil en test ou pouvant être défaillant et chaque fois que cela est nécessaire, on vérifie les hypothèses émises par des mesures.

Ainsi les pannes répertoriées dans cet ouvrage ont été sélectionnées à partir de cas réellement rencontrés sur les cartes récentes. Par ailleurs, cet ouvrage s'adresse d'abord aux jeunes techniciens, ensuite aux étudiants se destinant aux métiers du dépannage et de la maintenance ou de la production industrielle des matériels informatiques.

1.2. Maintenance et sécurité de travail.

Avertissement :

Il est dangereux d'intervenir sans précaution ni méthodologie sur un appareil électronique relié ou non au secteur. Les interventions, les essais et les opérations de maintenance ne peuvent être réalisés que par un professionnel habilité (au sens de la législation en vigueur), régulièrement en possession des manuels techniques mis à jours et fournis par les constructeurs, cela, en respect des directives qu'ils contiennent.

1.2.1. Sécurité de l'utilisateur :

a) Risques électriques :

Les éléments conducteurs doivent être parfaitement isolés du secteur et ne doivent pas pouvoir présenter de potentiels électrostatiques importants, désagréables pour l'utilisateur. Au-delà de ces consignes, on respectera les normes de sécurité en vigueur et les informations données par les constructeurs dans les manuels techniques.

Les composants du châssis, critiques en termes de sécurité, sont identifiés sur les schémas (fonds gris ou icône). Il est important de remplacer ces composants par des composants certifiés conformes. L'utilisation des pièces de rechange ayant des spécifications différentes de celles d'origines, peut entraîner un risque d'électrocution, d'incendie ou autres (qui plus est, la responsabilité du constructeur s'en trouverait déchargée). Dans ces cas, la responsabilité du technicien reste engagée.

Au montage du châssis ou du boîtier, vérifier qu'aucun fil n'est coincé ou mal positionné. Il faut en particulier contrôler l'état du cordon d'alimentation.

1.2.2. Sécurité du technicien :

a) Risques électriques :

N.B : *Toujours mettre l'appareil à l'arrêt et débrancher la prise secteur avant de couper, dessouder ou ouvrir l'appareil. Des petites intensités peuvent être dangereuses.*

Après un essai sous tension secteur, certains condensateurs de forte capacité peuvent conserver une charge importante susceptible de provoquer de forts désagréments. Il est important d'être

vigilant et de ne pas tenter une intervention sans être capable d'en estimer les conséquences. Préalablement à toute intervention, on prendra soin de décharger correctement ces condensateurs, en conformité avec les prescriptions des constructeurs. Une résistance de 100Ω à $1K\Omega$, isolée, peut être utilisée à cet effet. Une ampoule de 220V peut aussi être mise en œuvre. Ne jamais brancher un ohmmètre aux bornes d'un condensateur chargé.

b) Risques chimiques :

Certains composants peuvent présenter des risques d'explosions ou de brûlure, consécutivement à une mauvaise utilisation. Citons par exemple les condensateurs électrolytiques à l'aluminium ou les piles lithium équipant certains châssis. Typiquement, un condensateur électrolytique est polarisé et suite à une inversion de tension à ses bornes, il y a une destruction progressive du diélectrique. Il en résulte un phénomène d'électrolyse et production de gaz pouvant provoquer la destruction du diélectrique par explosion. Outre les risques mécaniques, il y a projection de substance chimique (borate). On sera donc attentif au respect des caractéristiques de service des composants.

En général, les composants électroniques ne sont pas chimiquement neutres. Ne pas laisser les composants à la portée des enfants et respecter la réglementation en termes de protection de l'environnement.

1.2.3. Protection des principaux composants :

Outre la sécurité de l'utilisateur et du technicien de maintenance, il est bon de considérer la protection des biens et plus particulièrement les composants les plus importants. Vérifier toujours que les tensions d'isolement ne sont pas dépassées. Il faut être attentif au respect des plans ou ligne de masse. Si lors de la mise en position de service du châssis, on a été contraint de débrancher les lignes de masse, il faut les remettre en place avant tout nouvel essai.

Rappelons qu'il est impératif de ne remplacer les composants de sécurité (fusibles, thermistances, etc.) que par des composants certifiés. Il n'est absolument pas admissible de chercher des équivalents et de faire du bricolage !

Les modifications ne peuvent être réalisées qu'en conformité avec les avis spécifiés par le constructeur. Dans le cas contraire, seule la responsabilité du technicien serait engagée.

En fin d'intervention, il est important de vérifier l'état des soudures et l'aspect des éléments de puissances. Vérifier le bon état des éléments contribuant aux isollements et le bon état des câbles ainsi que leur point de fixation mécanique ou de passage. Nettoyer les voies d'aérations.

1.3. Équipements :

1.3.1. Multimètre :

Le multimètre demeure un outil **indispensable**, même pour l'amateur. Si vous n'en possédez pas, n'hésitez pas à en faire l'acquisition! On trouve sur le marché des modèles économiques, aux performances très suffisantes, à partir de 30000GNF environ.

Il existe une grande variété de modèles de multimètres, avec des caractéristiques et des performances très diverses. On trouve des appareils dits "de poche" ou "de poing" (*pocket* ou *handheld*, en anglais), c'est-à-dire portatifs, et des appareils "de table" (*benchmeters* ou

benchtop multimeters, en anglais), plus volumineux, souvent plus précis, et destinés à rester au laboratoire ou à poste fixe.

Les multimètres sont analogiques (à aiguille) ou numériques (affichage à cristaux liquides), quelques modèles combinant les deux types d'affichage. Le **multimètre numérique** (DMM, pour *Digital MultiMeter*) est désormais le modèle le plus répandu, tant pour un usage professionnel que "grand public".



Fig. Un multimètre à double affichage, analogique et numérique, à gauche, et un modèle numérique "milieu de gamme", à droite.

Choisir un multimètre :

Il convient de choisir son multimètre avec discernement, en fonction non seulement du prix, mais aussi des caractéristiques et performances de l'instrument, et de l'usage qu'on en fera. Si la mesure des inductances n'est pas d'une utilité quotidienne, le testeur de diodes est en revanche une fonction appréciable. En tout état de cause, un multimètre devra permettre, au minimum:

- La mesure des **tensions continues** (jusqu'à 1000 V) et **alternatives** (jusqu'à 700 V),
- La mesure des **intensités** en continu (fonction milli - ampèremètre),
- La mesure des **résistances** (jusqu'à 20 mégohms).

C'est un strict minimum, car ces trois grandeurs (U, I et R) sont en effet celles qu'on retrouve dans les lois d'Ohm et de Joule.

On doit par ailleurs exiger d'un multimètre:

- **Résolution:** au minimum **3½ chiffres** (*digits*), soit trois chiffres de 0 à 9, plus un "chiffre" qui sera soit un 1, soit un blanc. D'où 1.999 valeurs d'affichage possible; on parle alors d'un "2.000 points". Un DMM à 4½ chiffres est dénommé "20.000 points". A noter que la "résolution étendue" permet à un DMM 3½ chiffres d'afficher jusqu'à 6.000 points ;
- **Précision:** égale à ou meilleure que **1%** pour la mesure des tensions continues (DC), égale à ou meilleure que 2% pour la mesure des courants continus, du même ordre pour la mesure des résistances.
- **Ergonomie:** eh oui, un DMM est avant tout un outil de travail! Bonne **prise en main**, **simplicité** et **robustesse** sont des critères de première importance.
- **Sécurité:** la protection de l'utilisateur doit être garantie par la conformité aux **normes de sécurité** internationales (certificats).

La quasi-totalité des modèles disponibles dans le commerce propose désormais des fonctions supplémentaires telles que le test de continuité ou le test de la jonction d'une diode. La présence des fonctions de mesure du hFE des transistors, des capacités, voire des fréquences, peut justifier d'investir dans un modèle un peu plus onéreux.

Avant toute mesure, pensez "SECURITE"!

La première chose à faire lorsque l'on acquiert un multimètre, comme du reste beaucoup d'autres appareils, c'est de *lire attentivement la notice*! "Notice", "Mode d'emploi", "Guide de l'utilisateur", peu importe l'intitulé, **lisez** ce document fourni avec l'appareil! Cette notice (en français, comme l'exige la loi...) comporte normalement un chapitre consacré à la sécurité de l'utilisateur: il faut prendre le temps de le lire. Les **limites de sécurité** de l'appareil y sont en effet indiquées (tension maximale en entrée, courant maximal, durée de la mesure...) et il est important de les connaître avant toute utilisation. Gardez à l'esprit que l'opération consistant à relever une mesure de tension ou d'intensité peut présenter un réel danger pour l'utilisateur, ou provoquer la destruction de l'appareil! Aussi, respectez scrupuleusement les recommandations du fabricant et prenez bien soin de n'utiliser votre multimètre que dans les conditions prévues.

Pensez-y: le 230 V "secteur" peut être mortel!

Tout montage raccordé au secteur implique de prendre les plus grandes précautions. En cas de doute sur vos compétences ou sur l'isolation de l'appareil de mesure, **abstenez-vous!**

Même hors tension, on ne doit prendre aucune mesure sur un montage avant d'avoir déchargé tous les condensateurs!

Un courant, même faible, peut entraîner la dissipation d'une puissance importante dans certains composants et les rendre brûlants. La mise en court-circuit d'une simple pile de 9 V peut elle aussi provoquer une dangereuse élévation de température.

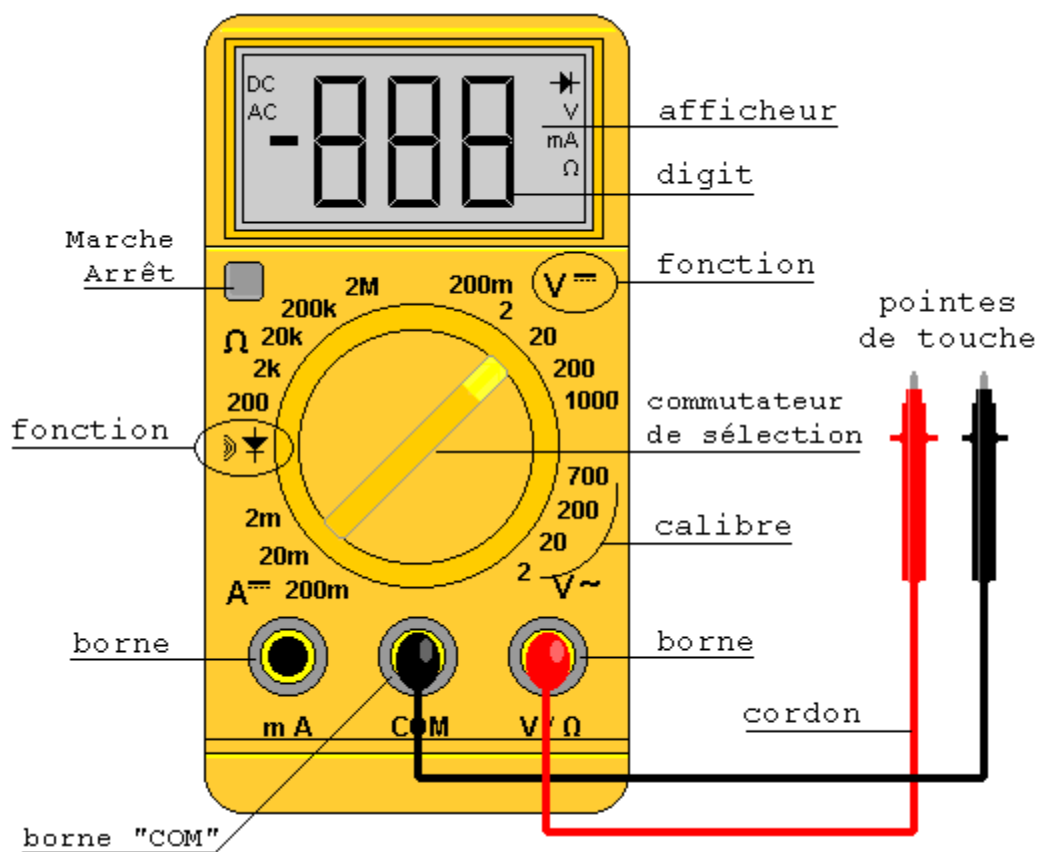
Avec le multimètre comme avec le fer à souder, soyez toujours prudents et **pensez d'abord "sécurité"!**

Comment utiliser le multimètre?

Voyons comment se présente un multimètre numérique (DMM). Il s'agit dans cet exemple d'un modèle très ordinaire. On reconnaît sur l'illustration, de haut en bas :

- L'**afficheur** LCD,
- Le commutateur rotatif de sélection de la **fonction** (voltmètre, ampèremètre, ohmmètre...) et du **calibre** (de 0 à 200 mV, de 200 mV à 2 V, de 2 V à 20 V, etc...),
- Les **bornes** de raccordement des cordons, qui sont généralement au nombre de trois ou quatre, dont une borne "COM" (commune) où on branchera le cordon relié à la masse,
- Les **cordons** de mesure et les pointes de touche.

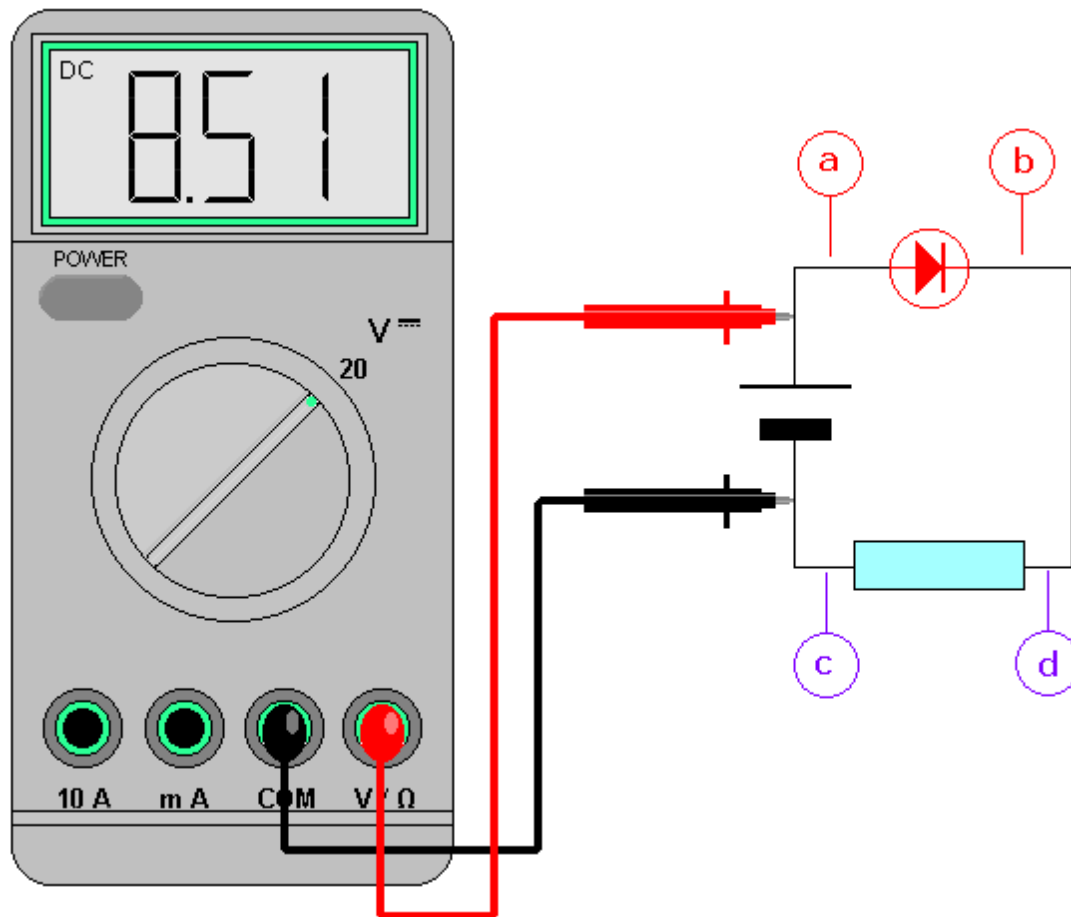
La plupart des appareils proposent aujourd'hui des fonctions supplémentaires (au minimum, le test de continuité). En ce qui concerne le raccordement des cordons de mesure et le choix de la sensibilité, on se reportera à la notice du constructeur. Si on ne dispose pas d'un modèle *autorange* et si la valeur à mesurer est inconnue, on choisira toujours le calibre supérieur pour commencer.



Mesurer une tension

Le point important est le suivant: **une tension se mesure toujours en parallèle avec le circuit.** Si par exemple on souhaite mesurer la tension aux bornes d'un récepteur, on branche les pointes de touche en parallèle sur ce récepteur, la pointe "noire" du côté du point de référence. En cas d'erreur de polarité, si les pointes ont été interverties, un multimètre numérique affichera une valeur négative.

A l'aide du rotacteur central, on sélectionne la fonction VOLT (mesure d'une tension continue), et le calibre approprié, ici 20 V. Dans l'exemple ci-dessous, on mesure une tension de 8,51 V aux bornes de la pile (on lirait 8,68 V en circuit ouvert). Si on place les pointes de touche aux points notés **a** et **b**, en respectant la polarité, on obtient une mesure de 1,64 V, correspondant à la tension de seuil de la DEL rouge. Entre les points **c** et **d**, aux bornes de la résistance, la tension lue est de 6,85 V. La différence de 0,02 V ($1,64 + 6,85 = 8,49$) est due à la précision de l'appareil sur ce calibre (plus ou moins 0,08% selon la notice du fabricant).



Mesurer une intensité :

Mesurer directement une intensité demeure une opération souvent difficile, parfois même impossible, car **une intensité, à la différence d'une tension, se mesure toujours en série avec le circuit**. Si par exemple on souhaite mesurer l'intensité du courant qui traverse une résistance, on doit d'abord interrompre la branche du circuit où se trouve cette résistance, c'est à-dire la couper, puis on connecte les pointes de touche entre ces deux points, donc en série avec la résistance. On voit bien que la mesure du courant pose un problème délicat si, pour une raison ou une autre, il n'est pas possible de couper le circuit. Il existe heureusement une solution très simple, qui consiste à relever la tension aux bornes de la résistance. Connaissant la valeur de cette résistance, il ne reste plus qu'à appliquer la loi d'Ohm!

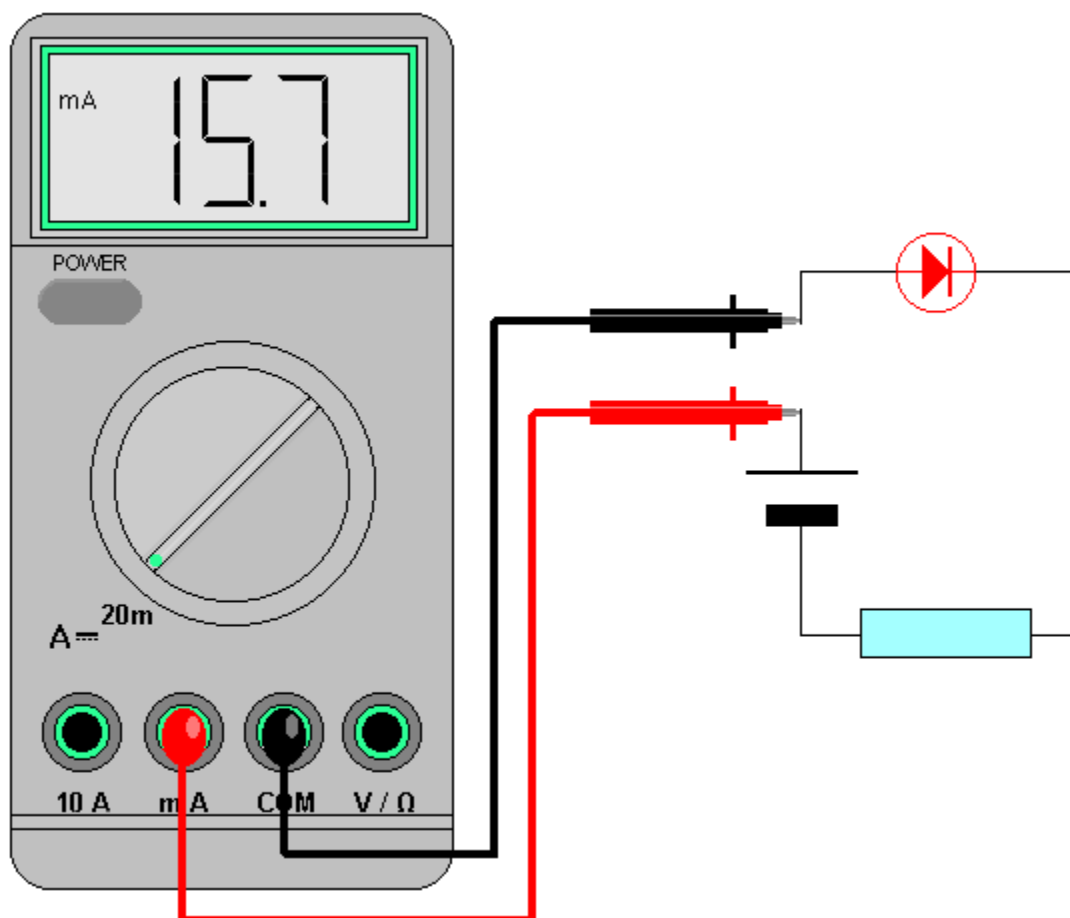
Deux petites remarques en passant:

- De ce qui a été dit plus haut, on peut déduire que la partie "voltmètre" du multimètre doit avoir une résistance aussi grande que possible, puisque la mesure est prise en parallèle. A l'inverse, la partie "ampèremètre" doit présenter une résistance aussi petite que possible, puisque la mesure est prise en série. Il suffit, pour s'en convaincre, de calculer la résistance équivalente de deux résistances, l'une étant très grande devant l'autre, en parallèle et en série.
- La mesure d'une intensité doit toujours se faire **rapidement**, sous peine d'endommager le multimètre. La notion de durée de la mesure est ici très importante. Se reporter à la notice du constructeur pour le délai à ne pas dépasser.

Il est important de choisir le calibre approprié ou, en cas de doute, le calibre le plus élevé. Par ailleurs, sur de nombreux appareils, il existe une borne 10 ou 20 ampères, en plus de la borne "mA".

Attention! En cas de doute sur un éventuel dépassement de la valeur maximale pouvant être mesurée par votre appareil, **abstenez-vous!** Et dans tous les cas, veillez à ne pas dépasser la durée préconisée par le constructeur pour la prise de mesure. Cette durée doit toujours être indiquée dans le guide de l'utilisateur.

Les professionnels utilisent une **pince ampère métrique** pour mesurer un courant sans couper le circuit. Cet appareil, assez dispendieux, se justifie davantage dans la valise d'un technicien de maintenance que dans le "laboratoire" d'un amateur.



Mesurer une résistance :

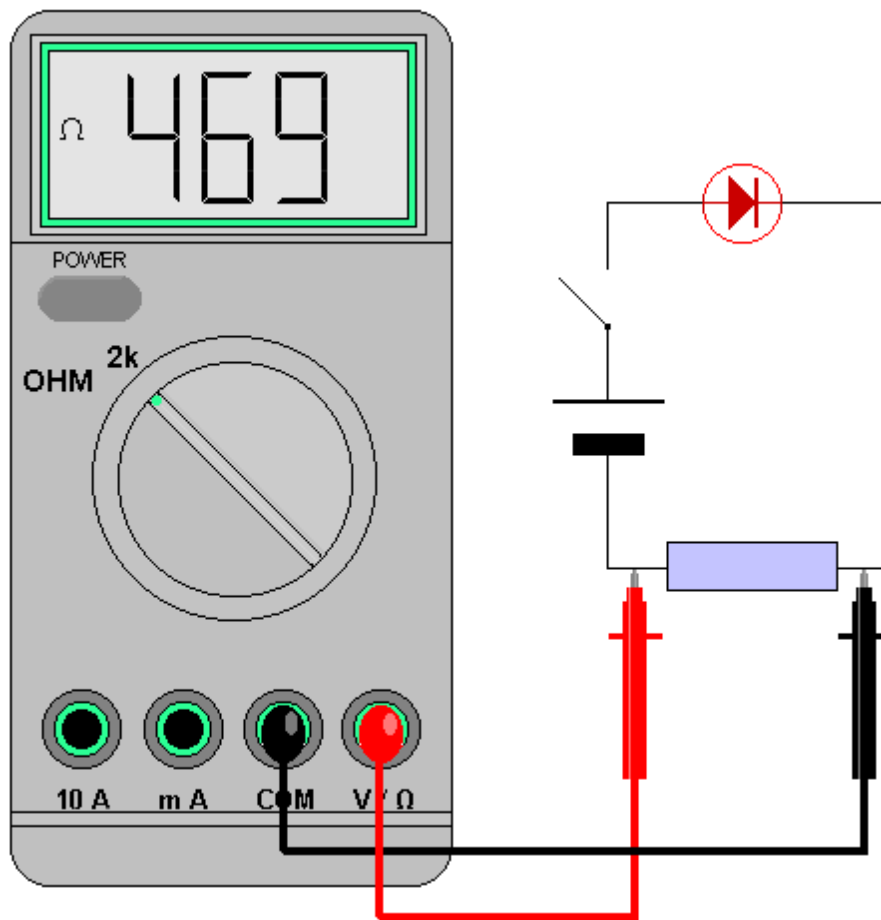
En ce qui concerne le raccordement des cordons de mesure et le choix de la sensibilité, on se reportera à la notice du constructeur. La borne "OHM" est souvent commune avec la borne "VOLTS".

Deux points sont ici essentiels:

- Avec un multimètre **numérique**, la mesure d'une résistance doit être faite **hors tension**. En effet, c'est l'appareil qui applique une tension connue aux bornes de la résistance inconnue avant de procéder au calcul; la présence d'une autre tension (celle du montage) fausserait la mesure.
- Il faut bien prendre garde de ne pas shunter la résistance inconnue avec les doigts, ce qui, là encore, fausserait la mesure. Au besoin, on se servira de pinces "crocodile" ou de grip-fils.

Ajoutons que les cordons de mesure, quelle que soit leur qualité, présentent forcément une certaine résistance. Elle est en général si faible (typiquement, de l'ordre de 0,2 à 0,5 ohm) qu'on peut la négliger, sauf dans le cas particulier où on serait amené à mesurer une résistance elle-même de très faible valeur.

Enfin, il ne faut pas oublier que le multimètre, même le plus sophistiqué, est affligé d'une marge d'erreur, si minime soit-elle. Cette précision, variable selon les fonctions et les calibres, est indiquée dans la notice de l'appareil. Il faudra parfois en tenir compte. Après usage, n'oubliez pas d'éteindre l'appareil en plaçant le commutateur central sur OFF et rangez-le dans son étui ou une housse de protection.



1.3.2. Source TBT (Très Basse Tension).

a) Tension alternative sinusoïdale TBT, 50Hz :

Pour certains essais, il peut être intéressant de disposer d'une source TBT alternative sinusoïdale. Le montage le plus économique consiste à utiliser un dispositif à transformateur comportant un ou plusieurs secondaires de 12V à 24V, associé aux éléments de commande et de sécurité.

b) Tension continue TBT.

Une alimentation continue produisant une très basse tension de l'ordre de 5 à 20V peut parfois convenir pour le test ou le dépannage de certains circuits.

1.3.3. La charge fictive.

Des défauts majeurs peuvent se produire dans les circuits d'alimentations ou dans les circuits associés aux dispositifs d'affichage, les circuits de puissance audio ; tous ces circuits étant de grands consommateurs d'énergie. L'utilisation d'une charge fictive peut aider à redémarrer l'alimentation sans prendre de risque d'endommager les circuits associés. Une lampe à filament de 60W, 250V peut constituer la charge fictive.

1.3.4. Le fer à souder.

L'instrument utilisé pour faire fondre la soudure n'est autre que le fer à souder. On en trouve dans le commerce, de formes et de puissances variables (figure ci-dessous). Beaucoup fonctionnent avec un branchement direct sur secteur à 220V, mais il en existe également qui fonctionnent en basse tension 20/28V.

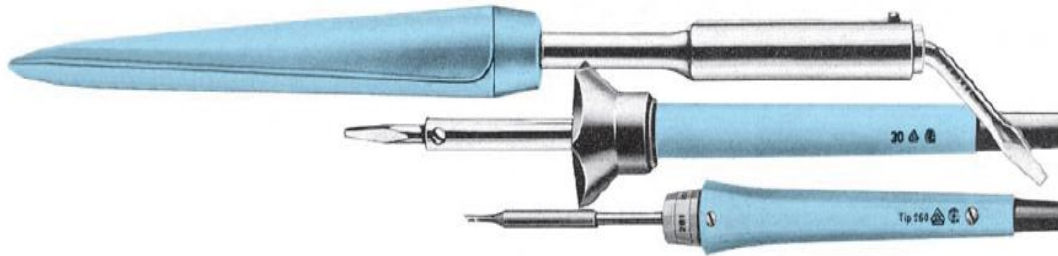


Figure 169 : En haut, un fer à souder à alimenter avec une tension secteur 220 volts et, en bas, deux fers à souder basse tension (entre 20 et 28 volts) à relier à un transformateur spécial.

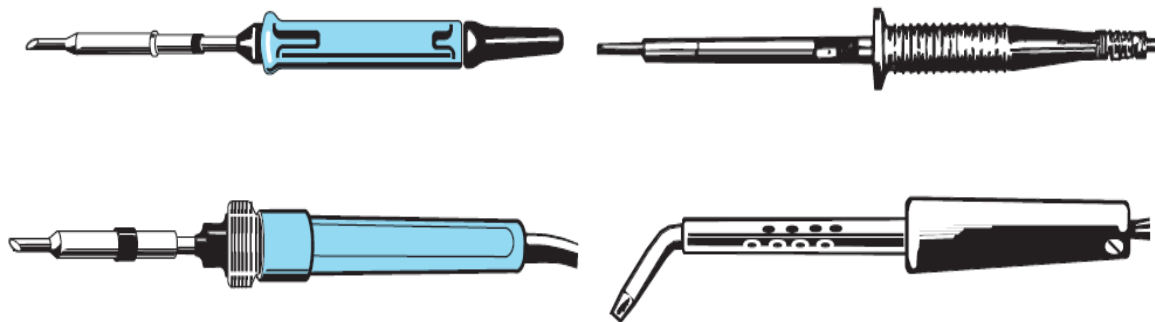
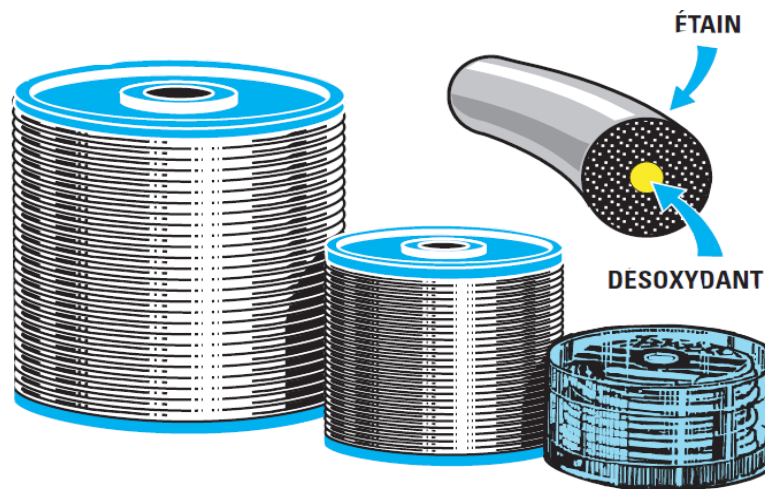


Figure 145 : Tous les fers à souder professionnels, c'est-à-dire les plus coûteux, sont dotés d'une série de pannes interchangeables de formes différentes. Les pannes fines sont utilisées pour souder les broches très rapprochées, les pannes moyennes pour des soudures normales et les plus larges, pour souder des surfaces importantes.

A l'intérieur de chaque fer à souder se trouve une résistance électrique en nickel-chrome qui, en chauffant, porte la panne en se trouvant à son extrémité à une température située entre 280 et 350°C. Pour souder les pattes de n'importe quel composant électronique sur les pistes d'un circuit imprimé, il suffit d'avoir un fer à souder d'une puissance de 15 à 25W, pourvu d'une panne fine, afin d'éviter de déposer de la soudure sur les pistes voisines de celles que l'on soude. Ce choix oblige à disposer d'un fer plus puissant pour les travaux de grosse soudure. Pour souder des composants de dimensions plus importantes, ou des morceaux de tôle fine ou encore des fils de cuivre de fort diamètre, il faut un fer à souder plus puissant, d'environ 40 à 60W, afin d'éviter que la surface à souder ne refroidisse la panne.

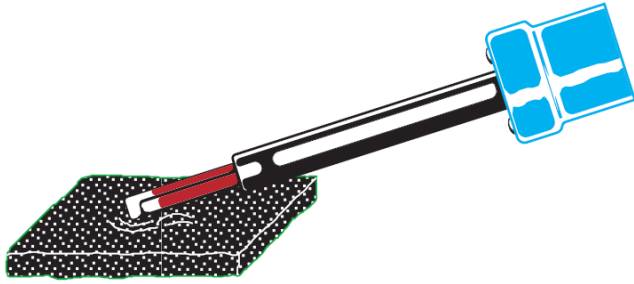
a) La soudure :

La soudure est un alliage composé d'étain pur et de plomb et dont le pourcentage est habituellement indiqué sur l'emballage avec deux nombres, par exemple 60/40, 50/50 ou 33/67. Le premier indique la quantité d'étain, le second indique la quantité de plomb. La soudure utilisée en électronique peut se trouver en fil de plusieurs diamètres différents. Ce qui nous sera le plus utile sera une bobine de soudure de diamètre 2mm pour les gros travaux et de 1mm ou mieux 8/10 de mm pour les soudures courantes. Plus encore que la qualité du fer à souder, la qualité de la soudure a une importance extrême. Le fer à souder a la mission de chauffer de façon temporaire les éléments et de porter la soudure à sa température de fusion, tandis que la soudure elle-même a la mission de réunir électriquement et pour une longue durée plusieurs éléments entre eux.

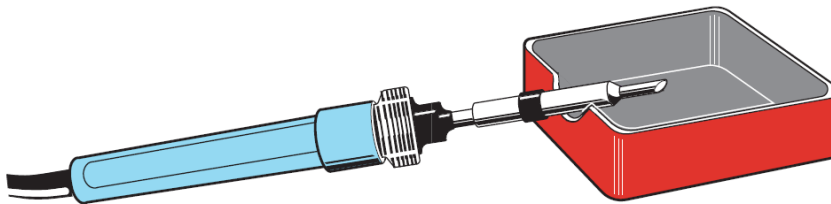
**b) Accessoires utiles à la soudure.**

Nous vous conseillons de vous procurer, en plus du fer à souder et de la soudure, ces quelques accessoires très utiles :

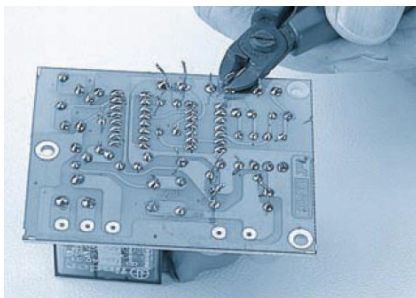
- Des limes à ongles « carton », qui vous serviront pour retirer des fils de cuivre émaillé leur verni isolant ;
- Une petite boîte en métal, très utile pour poser le fer à souder entre deux soudures et pour recueillir d'éventuelles gouttes de soudure fondue qui, autrement, pourraient tomber sur votre plan de travail et l'endommager. Une simple boîte à sardines fera un parfait support lorsque vous y aurez fait une encoche sur un bord pour permettre le bon maintien du corps du fer à souder.
- Un morceau de feutre ou d'éponge, qui, humecté au préalable avec de l'eau, vous permettra d'y frotter la panne pour la débarrasser des surplus de soudure ou des résidus de décapant brûlé.
- Une pince coupante spéciale électronique, outil indispensable pour couper les pattes des composants dépassant de la surface du circuit imprimé.



Après avoir effectué une soudure, des gouttes d'étain se posent sur la panne. Il est impératif d'éliminer ces gouttes en la frottant sur un feutre ou une éponge humide. Cela pour rendre propre.



Pour poser le fer à souder lorsqu'on ne l'utilise pas, il est utile de disposer d'une petite boîte métallique comportant une encoche afin d'assurer une pose stable.



Après avoir soudé des composants, il est utile de couper l'excédent des broches à l'aide d'une pince coupante. Pour des mesures de sécurité, veuillez porter des lunettes.

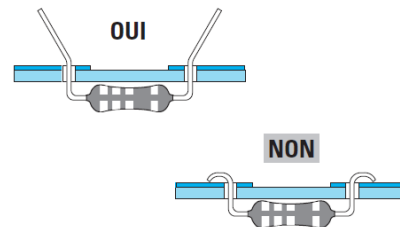
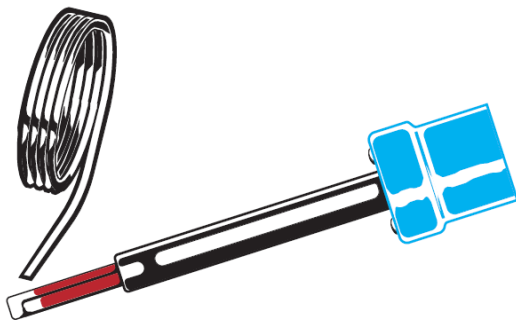


Un instrument appelé pompe à dessouder est aussi utile pour aspirer l'étain fondu.

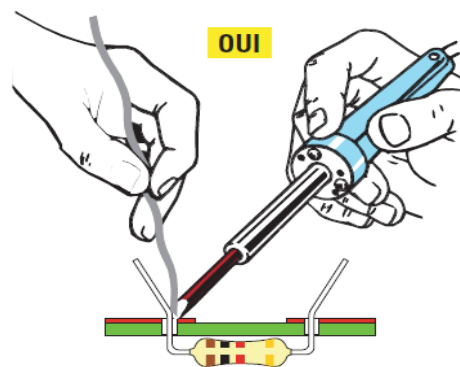
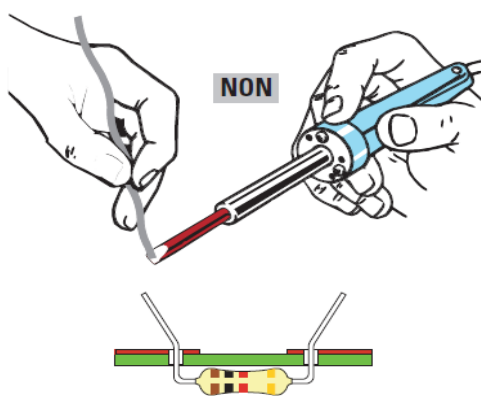
c) Comment souder.

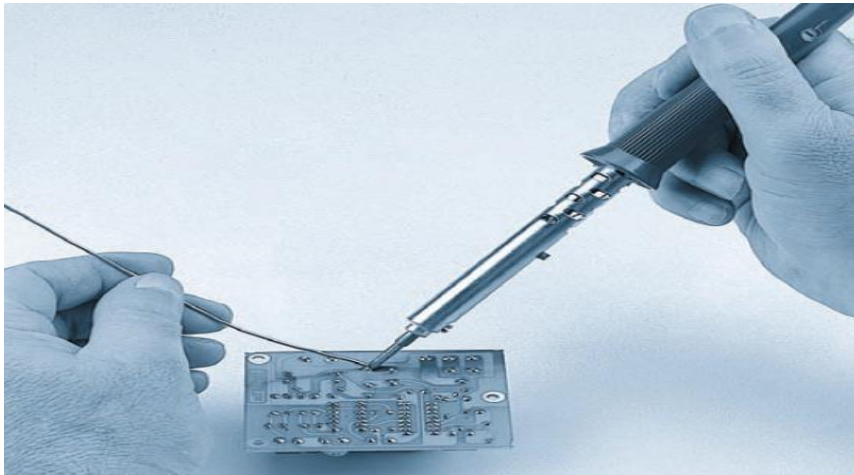
Avant d'utiliser le fer à souder, vous devrez déposer sur toute la surface de la panne prévue pour la soudure une fine couche de soudure. On dit « étamer la panne ». Ainsi pour souder n'importe quelle patte de n'importe quel composant électronique, on doit toujours procéder comme suit :

1. Appuyer sur la panne parfaitement propre du fer à souder sur la piste du circuit imprimé ainsi que sur la patte devant être soudée de façon à les chauffer ;
2. Après quelques secondes, approcher la soudure de la piste et faire en fondre une toute petite quantité, pas plus de 2 ou 3mm environ. Si non il y a risque de gâcher de la soudure inutilement en faisant un pâté ;
3. Maintenir le fer à souder pendant environ 5 à 6s à l'endroit où vous avez fondu la soudure, pour permettre au désoxydant de brûler tous les oxydes présents sur les surfaces ;
4. Pendant ces quelques secondes, un mince filet de fumée, produit par les oxydes qui se volatilisent ;

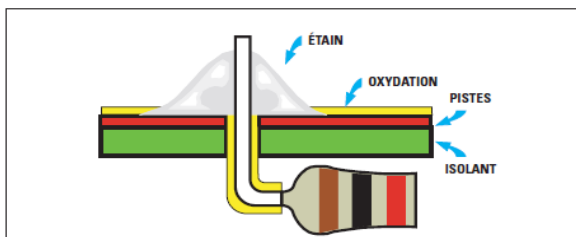


Etamage.

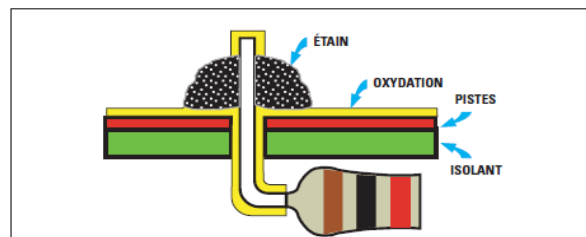




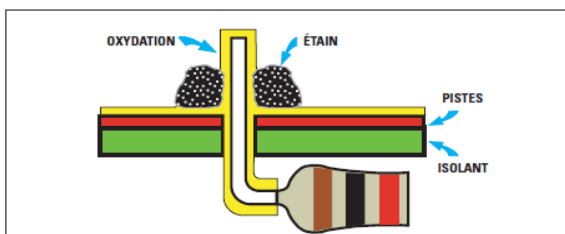
Après avoir fondu l'étain sur une patte, il est utile de maintenir le fer à souder sur la piste jusqu'à ce que l'étain se soit déposé tout autour de cette dernière.



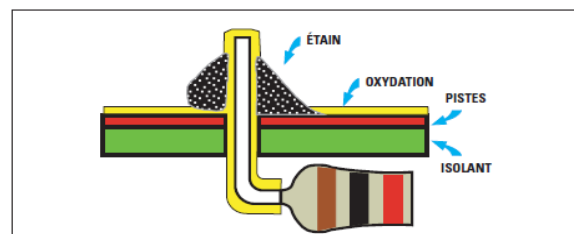
Une bonne soudure est reconnue à la couleur argent de l'étain uniformément répandu.



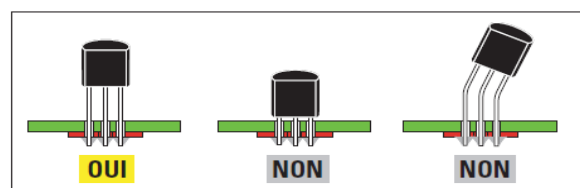
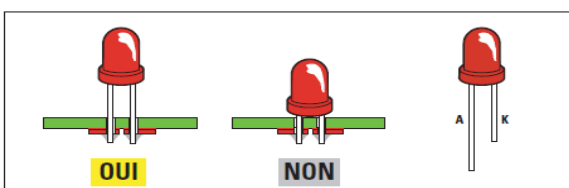
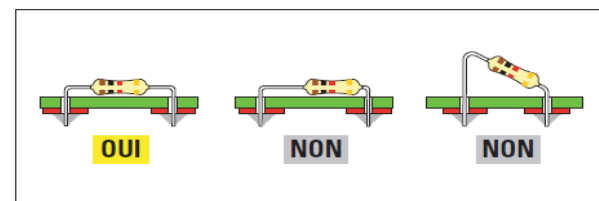
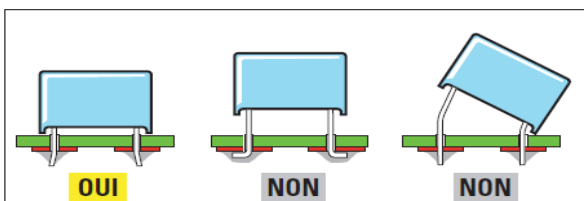
Si le fer est vite retiré, l'étain ne sera pas bien fondu.

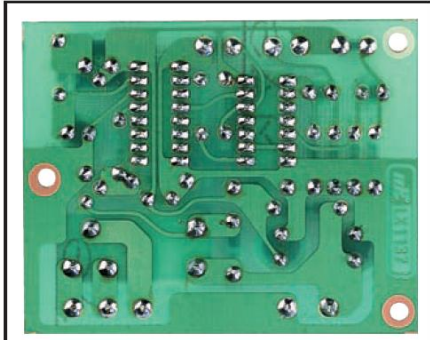
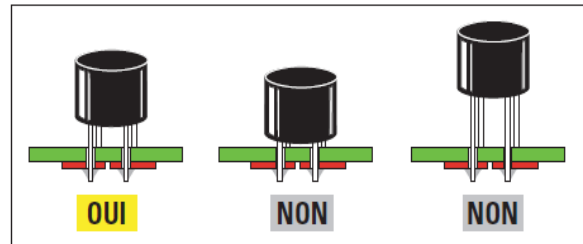
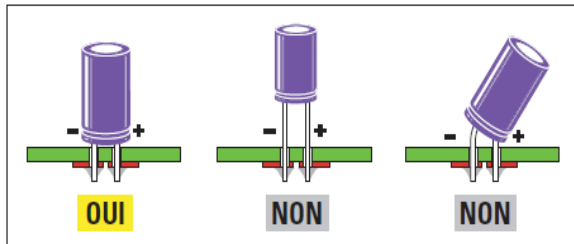


Ne déposez jamais de l'étain déjà utilisé.

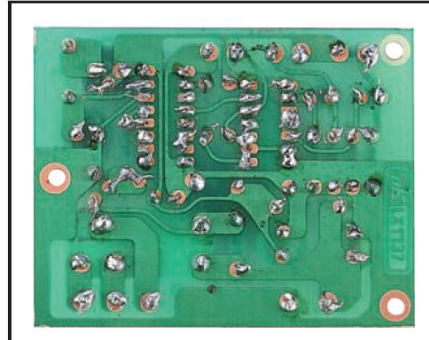


Une soudure mal faite est rugueuse et terne.

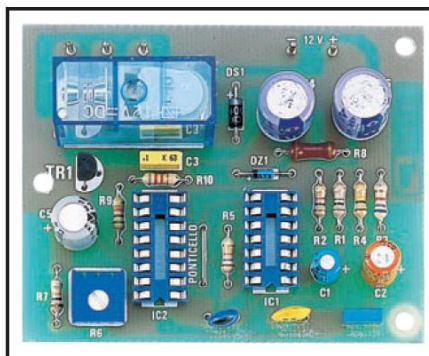




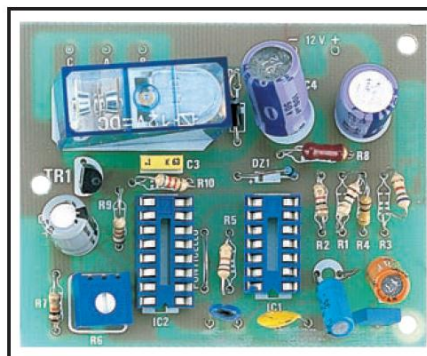
Bonne soudure.



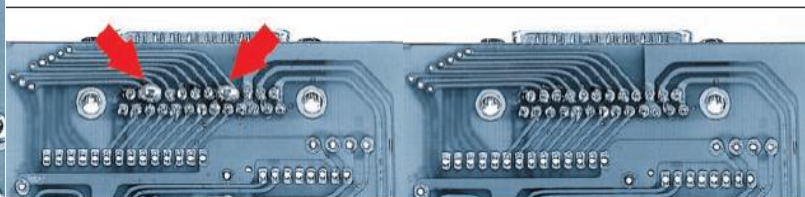
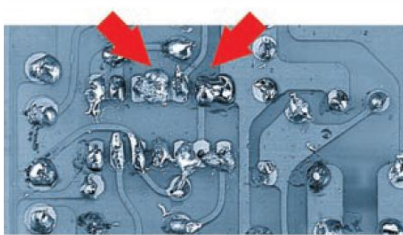
Mauvaise soudure.



Composants bien disposés.



Composants bien dsiposés.



Eviter des courts-circuits après chaque soudure.

II. TECHNOLOGIE DES COMPOSANTS.

En électronique, la technologie des composants diffère sensiblement d'une application à une autre. Et cela selon la consommation (la puissance mise en jeu), la performance. Il est donc impératif que le jeune technicien sache choisir la technologie qu'il faut pour une application donnée. Ainsi dans ce chapitre nous étudierons les différents composants de base (résistance, inductance, condensateur, diode, transistor,...)

II.1. Résistance.

Tous les composants qui offrent une certaine opposition au passage du courant électrique sont utilisés en électronique pour construire des résistances ; c'est-à-dire des composants qui ralentissent le flux des électrons. L'unité de mesure de la résistance électrique est l'Ohm (Ω). Outre sa valeur ohmique, la résistance a un autre paramètre très important : la puissance maximale qu'elle est capable de dissiper sans être détruite.

Une résistance, quand elle est traversée par un courant électrique, dissipe de l'énergie sous forme de chaleur (**effet Joule**). Si le courant traversant la résistance est trop important, jusqu'à dépasser la puissance maximale de cette résistance, celle-ci peut :

- ✓ Soit brûler ;
- ✓ Soit, plus insidieusement, changer fortement de valeur sans modification de son aspect externe.

Il importe donc de savoir calculer la puissance dissipée par une résistance :

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} \quad (\text{Loi de l'effet Joule}).$$

$$\text{Avec } U = R \cdot I \quad (\text{Loi d'Ohm}).$$

U est la chute de tension aux de la résistance et **I** est le courant qui la traverse (U et I sont toujours en sens inverse).

Exemple 1 :

Quelle puissance dissipe une résistance de 560Ω soumise à une tension de 30V ?

Rep :

$$P = \frac{U^2}{R} = \frac{900}{560} = 1,6W$$

Il faut donc monter un élément capable de dissiper 2W.

Exemple 2 :

A quelle tension peut-on soumettre, sans danger, une résistance de 3,3 K prévue pour dissiper une puissance maximale de 0,5W ?

Rep :

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{0,5 \times 3300} = 40,6V$$

Il faut donc la soumettre à une tension inférieure à 40V.

Exemple 3 :

Quelle intensité maximale peut-on faire passer dans une résistance de 1M/1W sans risquer de l'endommager ?

Rép :

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{1}{10^6}} = 1mA.$$

Il faudrait la faire traverser par un courant inférieur à 1mA.

N.B : Il est souvent déconseillé de faire fonctionner un composant électronique à sa valeur maximale. Il faut donc prévoir une marge de sécurité de 25 à 50% au moins.

II.1.1. Classification.

On peut faire la classification des résistances selon les critères suivants :

a) La maniabilité.

Dans ce cas, on classe les résistances suivant la possibilité de changer manuellement leur valeur. On distingue ainsi :

- ✓ Les **résistances fixes** dont la valeur ne peut pas être modifiée ;
- ✓ Les **résistances variables** dont on peut faire varier leur valeur.

b) La dépendance de la valeur des grandeurs physiques.

On distingue :

- ✓ Les **thermistances** qui sont des résistances dont la valeur dépend de la température ;
- ✓ Les **varistances** dont la valeur dépend de la tension ;
- ✓ Les **photorésistances** dont la valeur dépend de l'éclairement.

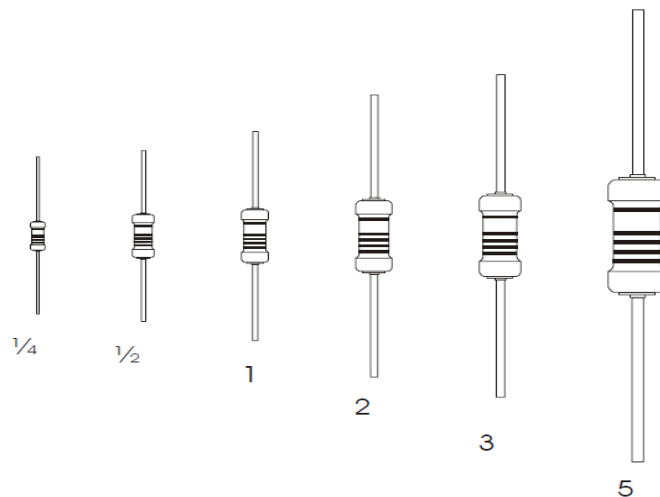
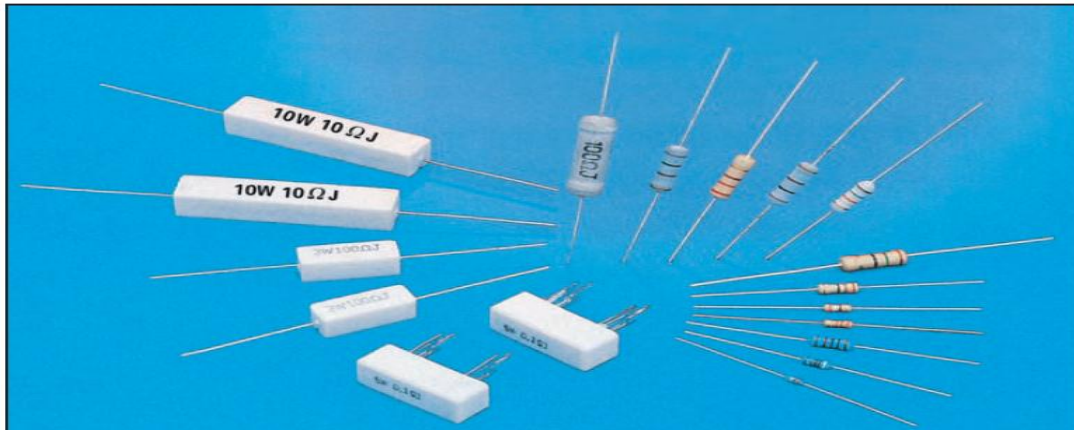
II.1.2. Résistance fixe.



On trouve sur le marché des résistances de petite taille d'une puissance de 1/8 de watt ou de 1/4 de watt, d'autres de dimensions légèrement plus importantes de 1/2 de watt et d'autre encore beaucoup plus grandes de 1, 2, 3, 10, 30, jusqu'à 100W (voir figure ci-dessous).

Les résistances de 1/8, 1/4, 1/2, et 1 Watt utilisées en électronique ont la forme de petits cylindres à deux pattes. La valeur ohmique de ces résistances s'obtient par la lecture des couleurs marquées sur leurs corps.

Les résistances de 2 Watts ou plus ont un corps rectangulaire en céramique sur lequel sont directement inscrites leur valeur et leur puissance.



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



On trouve de même pour la faible puissance les résistances en boîtiers SMD (Surface Montage Device, composant monté en surface). La valeur de ces résistances n'est pas peinte à l'aide des codes de couleur mais on note directement la valeur et la puissance de 10 sur le boîtier : 103 correspond à 10×10^3 . On ne distingue d'ailleurs plus pour ces boîtiers les résistances des condensateurs.



a) Tolérances et séries normalisées.

La tolérance d'une résistance correspondant à un certain pourcentage de la valeur nominale, ce pourcentage est soit positif (il s'ajoute à la valeur nominale) soit négatif (il se retranche de la valeur nominale).

Exemple : Une résistance de $220\Omega \pm 5\%$ a une résistance nominale comprise entre

$$220 - (0.05 \times 220) < \text{valeur nominale} < 220 + (0.05 \times 220).$$

Donc la valeur nominale sera comprise entre **209Ω et 231Ω** .

Supposons qu'on construise, avec une tolérance de 10%, des composants marqués 10Ω et d'autres marqués 11Ω . Les 1^{ers} peuvent avoir des valeurs comprises entre 9 et 11Ω . Les 2^{nds} entre $9,9\Omega$ et $12,1\Omega$. Il est donc possible que certaines résistances marquées 11Ω prennent 10Ω et que certaines marquées 10Ω prennent 11Ω . C'est un gaspillage de travail. Les constructeurs ont donc été conduits à échelonner les valeurs de telle manière que les plages ne se recouvrent pas. Les tolérances sont alors normalisées, à chacune d'elle correspond une série également normalisée, les tolérances les plus utilisées sont :

✓ $\pm 10\%$	Série E12 (12 valeurs par décade)
✓ $\pm 5\%$	Série E24 (24 valeurs par décade)
✓ $\pm 2\%$	Série E48 (48 valeurs par décade)
✓ $\pm 1\%$	Série E96 (96 valeurs par décade)

Ces séries de valeurs normalisées sont universellement adoptées.

Ainsi, voici la suite des valeurs normalisées de la série E12.

1 Ω	10 Ω	100 Ω	1 k Ω	10 k Ω	100 k Ω	1 M Ω
1,2 Ω	12 Ω	120 Ω	1,2 k Ω	12 k Ω	120 k Ω	1,2 M Ω
1,5 Ω	15 Ω	150 Ω	1,5 k Ω	15 k Ω	150 k Ω	1,5 M Ω
1,8 Ω	18 Ω	180 Ω	1,8 k Ω	18 k Ω	180 k Ω	1,8 M Ω
2,2 Ω	22 Ω	220 Ω	2,2 k Ω	22 k Ω	220 k Ω	2,2 M Ω
3,3 Ω	33 Ω	330 Ω	3,3 k Ω	33 k Ω	330 k Ω	3,3 M Ω
3,9 Ω	39 Ω	390 Ω	3,9 k Ω	39 k Ω	390 k Ω	3,9 M Ω
4,7 Ω	47 Ω	470 Ω	4,7 k Ω	47 k Ω	470 k Ω	4,7 M Ω
5,6 Ω	56 Ω	560 Ω	5,6 k Ω	56 k Ω	560 k Ω	5,6 M Ω
6,8 Ω	68 Ω	680 Ω	6,8 k Ω	68 k Ω	680 k Ω	6,8 M Ω
8,2 Ω	82 Ω	820 Ω	8,2 k Ω	82 k Ω	820 k Ω	8,2 M Ω

 1,0 Ω	 10 Ω	 100 Ω	 1 kΩ	 10 kΩ	 100 kΩ	 1 MΩ
 1,2 Ω	 12 Ω	 120 Ω	 1,2 kΩ	 12 kΩ	 120 kΩ	 1,2 MΩ
 1,5 Ω	 15 Ω	 150 Ω	 1,5 kΩ	 15 kΩ	 150 kΩ	 1,5 MΩ
 1,8 Ω	 18 Ω	 180 Ω	 1,8 kΩ	 18 kΩ	 180 kΩ	 1,8 MΩ
 2,2 Ω	 22 Ω	 220 Ω	 2,2 kΩ	 22 kΩ	 220 kΩ	 2,2 MΩ
 2,7 Ω	 27 Ω	 270 Ω	 2,7 kΩ	 27 kΩ	 270 kΩ	 2,7 MΩ
 3,3 Ω	 33 Ω	 330 Ω	 3,3 kΩ	 33 kΩ	 330 kΩ	 3,3 MΩ
 3,9 Ω	 39 Ω	 390 Ω	 3,9 kΩ	 39 kΩ	 390 kΩ	 3,9 MΩ
 4,7 Ω	 47 Ω	 470 Ω	 4,7 kΩ	 47 kΩ	 470 kΩ	 4,7 MΩ
 5,6 Ω	 56 Ω	 560 Ω	 5,6 kΩ	 56 kΩ	 560 kΩ	 5,6 MΩ
 6,8 Ω	 68 Ω	 680 Ω	 6,8 kΩ	 68 kΩ	 680 kΩ	 6,8 MΩ
 8,2 Ω	 82 Ω	 820 Ω	 8,2 kΩ	 82 kΩ	 820 kΩ	 8,2 MΩ

Code des couleurs.

On utilise souvent, pour indiquer la valeur des résistances, le code des couleurs, originaire des États-Unis. Ce système est particulièrement commode pour des petits composants. Il permet de lire la valeur quelle que soit la façon dont l'élément est monté. Le marquage est réalisé par quatre ou cinq anneaux de couleurs; les deux ou trois premiers indiquent les deux ou trois premiers chiffres significatifs, le suivant le nombre de zéro qu'il faut ajouter (ou la puissance de 10). On obtient ainsi la valeur en Ohm [Ω]. Le dernier anneau (généralement un peu plus large) indique la tolérance (pour les anciens types de résistances, avec 4 anneaux : argent : 10% ; or : 5% ; pas de quatrième bande indique : 20%). Chaque couleur correspond à un chiffre, selon le tableau ci-dessous.

CHIFFRES SIGNIFICATIFS	MULTIPLICATEUR	TOLÉRANCE	COEFF DE TEMPERATURE $\mu\Omega / ^\circ K$
ARGENT OR	$\times 0.01$	$\pm 10\%$	ARGENT OR
NOIR : 0	$\times 0.1$	$\pm 5\%$	± 200
MARRON : 1	$\times 1$	$\pm 1\%$	± 100
ROUGE : 2	$\times 10$	$\pm 2\%$	± 50
ORANGE : 3	$\times 100$		± 15
JAUNE : 4	$\times 1000$		± 25
VERT : 5	$\times 10000$	$\pm 0.5\%$	
BLEU : 6	$\times 100000$	$\pm 0.25\%$	
VIOLET : 7	$\times 1000000$	$\pm 0.1\%$	
GRIS : 8			
BLANC : 9			

Pour retrouver facilement l'ordre des couleurs, on utilise la phrase ci-dessous (à lire verticalement).

Ne	0	Noir
Manger	1	Marron
Rien	2	Rouge

Ou	3	Orange
Jeuner	4	Jaune
Voilà	5	Vert
Bien	6	Bleu
Votre	7	Violet
Grande	8	Gris
Bêtise	9	Blanc

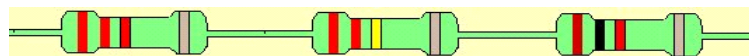
b) Comment lire les résistances ?

Un autre problème que rencontrent les débutants, c'est de comprendre de quel côté du corps doit on commencer à lire la valeur de la résistance ? En considérant que la quatrième est toujours or ou argent, la couleur par laquelle commencer sera toujours du côté opposé.

Supposons cependant que sur une résistance cette quatrième bande se soit effacée ou que l'on confonde le rouge et l'orange ou bien le vert et le bleu. Dans ces cas, on doit se souvenir que le nombre qu'on obtiendra doit correspondre à l'une des valeurs standards reportées dans le tableau.

c) Résistance en série.

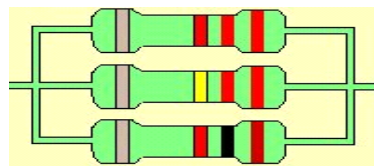
En associant des résistances en série, les valeurs s'ajoutent.



$$R_{\text{équi}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots ; U_{R_{\text{éq}}} = U_{R_1} + U_{R_2} + U_{R_3} + \dots ; I_{R_1} = I_{R_2} = I_{R_3} = \dots$$

d) Résistances en parallèle.

En associant des résistances en parallèle, l'inverse des valeurs s'ajoutent.



$$\frac{1}{R_{\text{équi}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots ; U_{R_1} = U_{R_2} = U_{R_3} = \dots ; I = I_{R_1} + I_{R_2} + I_{R_3} + \dots$$

e) Bruit dans les résistances.

Le bruit d'un élément résistif est l'apparition à ses bornes des tensions parasites variant aléatoirement. Si la résistance est montée à la rentrée d'une chaîne d'amplification, ces tensions de bruit seront amplifiées au même titre que le signal utile. Cela se traduit par une perturbation du signal final :

- bruits parasites dans le cas d'une chaîne d'amplification d'audiofréquence ;
- neige sur l'image d'un téléviseur ;
- déviation intempestive de l'aiguille d'un voltmètre à amplificateur électronique ;

➤ etc.

La gravité de la perturbation dépend du rapport des tensions efficaces du signal utile et du bruit. Ce rapport est appelé *rapport signal sur bruit* : S/B. Le bruit d'une résistance a deux origines : le bruit thermique et le bruit de courant.

a) Bruit thermique :

Les électrons, dans un élément résistif, se déplacent librement à l'intérieur de celle-ci, au hasard, dans tous les sens et à toutes les vitesses. Ces déplacements sont équivalents à des courants qui, d'après la loi d'Ohm ($U = RI$), développent des tensions aux bornes de l'élément. Ces tensions ont valeurs et des fréquences aléatoires.

Le bruit thermique a pour expression

$$e = \sqrt{4K.T.R.B}$$

e : tension efficace de bruit en volt ;

K : constante de Boltzmann, $K = 1,38.10^{-23} \text{J/}^\circ\text{C}$;

T : température de la résistance en $^\circ\text{K}$: $T(^\circ\text{K}) = t(^\circ\text{C}) + 273$;

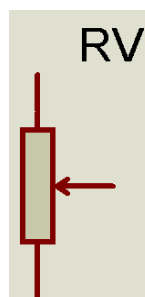
R : valeur ohmique de la résistance ;

B : bande passante de l'amplificateur, évaluée en Hz.

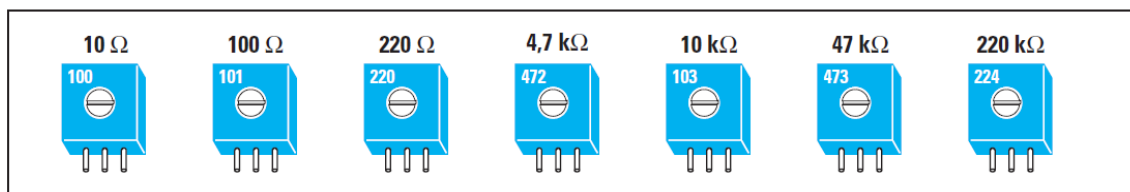
b) Bruit de courant :

Le passage du courant dans une résistance s'accompagne de l'apparition d'un bruit supplémentaire nettement plus fort que le bruit thermique. Ce bruit dépend de l'intensité qui traverse l'élément, donc de la tension à ses bornes, ainsi que de la technologie. Il est très élevé dans les résistances au carbone aggloméré ($5\mu\text{V/V}$) et très faible dans les résistances à couche métallique ($0,1 \mu\text{V/V}$).

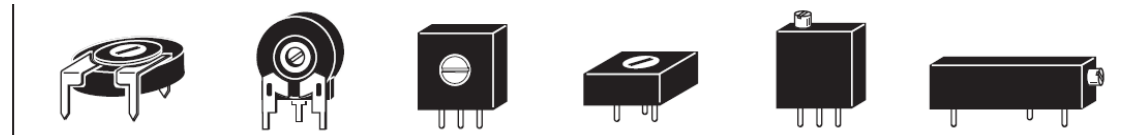
II.1.2. Le trimmer.



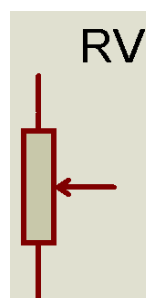
Dans un circuit électronique, on a parfois besoin d'une résistance capable de fournir de façon graduelle une valeur ohmique variant de 0 à une valeur maximale donnée. Dans ces conditions, on utilise un composant appelé trimmer ou résistance ajustable. Les trimmers généralement fabriqués au Japon, à Taiwan, en Corée ou à Hong Kong, portent un code très simple : Les deux premiers chiffres sont les chiffres significatifs et le dernier chiffre est le multiplicateur ; autrement dit, il indique le nombre de zéros qu'il faut ajouter aux deux premiers chiffres.



On peut trouver des trimmers de formes et de dimensions différentes, avec des sorties disposées de façon à pouvoir les monter sur un circuit imprimé à la verticale ou à l'horizontale.

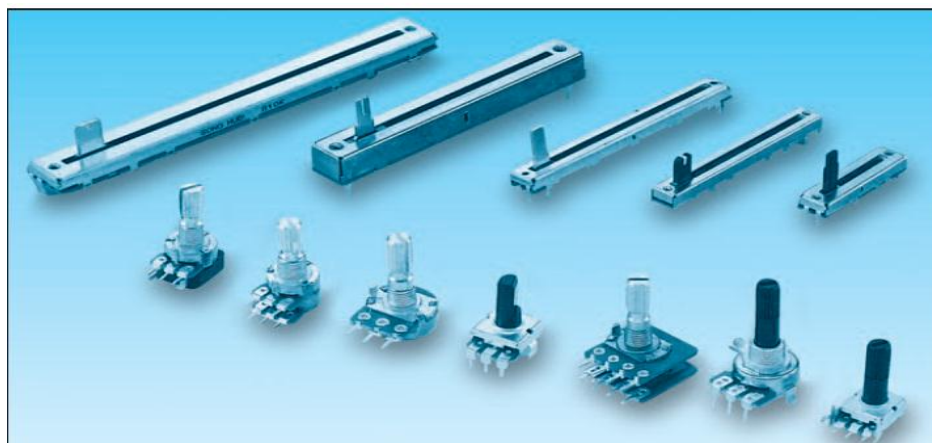


II.1.3. Les potentiomètres.

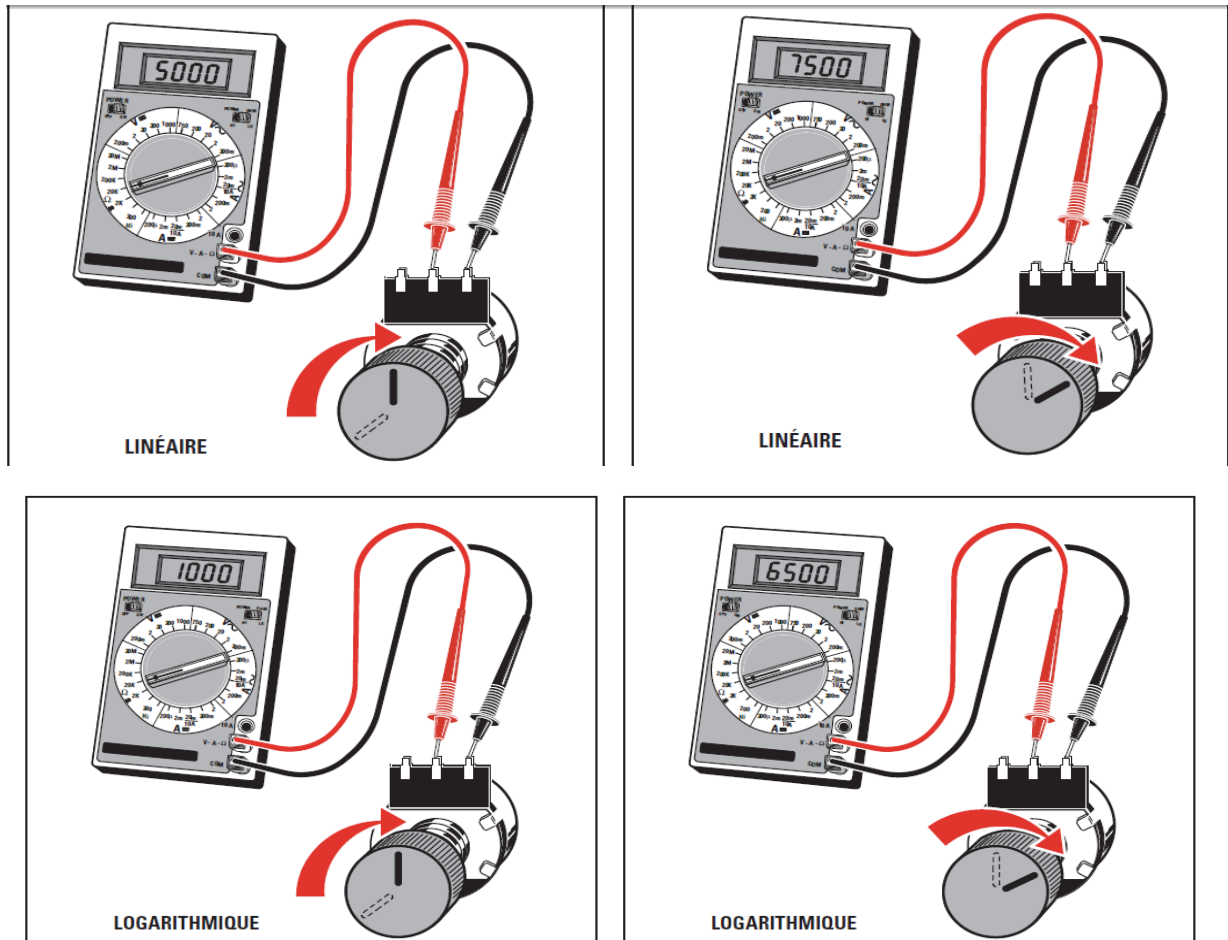


Les potentiomètres ont la même fonction que les trimmers. Ils ne se diffèrent de ceux-ci que par leur curseur reliés à un axe sur lequel il est possible de fixer un bouchon permettant à l'utilisateur de faire varier à volonté les paramètres d'un appareil (poste radio, amplificateur, etc.).

Il existe des potentiomètres à glissière et des potentiomètres rotatifs.

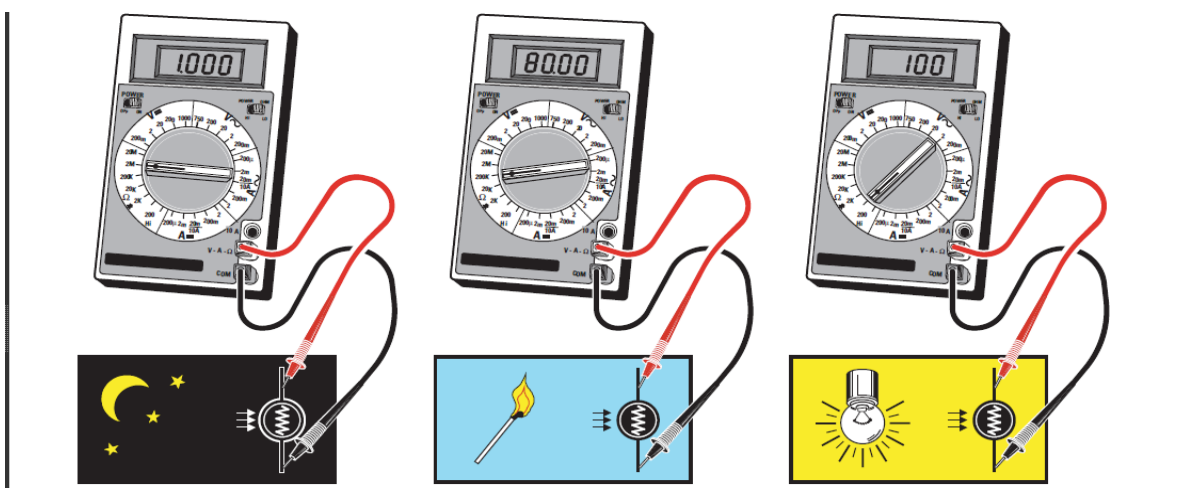


En tournant l'axe d'un potentiomètre, la résistance ohmique entre la broche centrale et l'une des extrémités varie de 0 à la valeur indiquée par le fabricant.



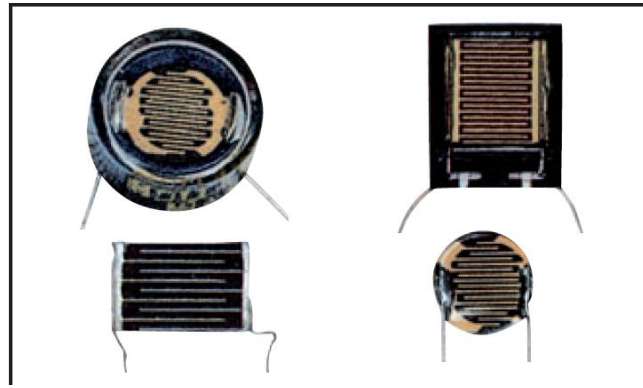
II.1.4. Les photorésistances.

Les photorésistances sont les composants photosensibles dont la valeur ohmique varie en fonction de l'intensité lumineuse qu'elles reçoivent.



Elles sont utilisées pour la réalisation d'automatismes capable d'être commandé par la présence d'une source lumineuse.

Elles peuvent avoir une forme rectangulaire ou circulaires.



II.1.5. Les thermistances.

Une thermistance est une résistance dont la valeur ohmique dépend de la température selon la relation.

$$R = R_0(1 + \alpha T).$$

R_0 est la valeur à la température $T = 0^\circ\text{C}$;

α est le coefficient de température.

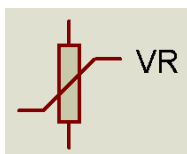
Lorsque $\alpha < 0$, la résistance est appelée résistance à **Coefficient de Température Négatif (CTN)**. Ces types de résistance ont la propriété de voir leurs valeurs ohmiques diminuer lorsque la température augmente.

Lorsque $\alpha > 0$, la résistance est appelée résistance à **coefficient de température positif CTP**. Leurs valeurs augmentent lorsque la température augmente.



II.1.6. Les varistances.

Les varistances sont des résistances dont leurs valeurs dépendent de la tension appliquée à leurs bornes. Lorsque la tension augmente, la valeur ohmique diminue.



Exemple :

S7 = diamètre brut du disque

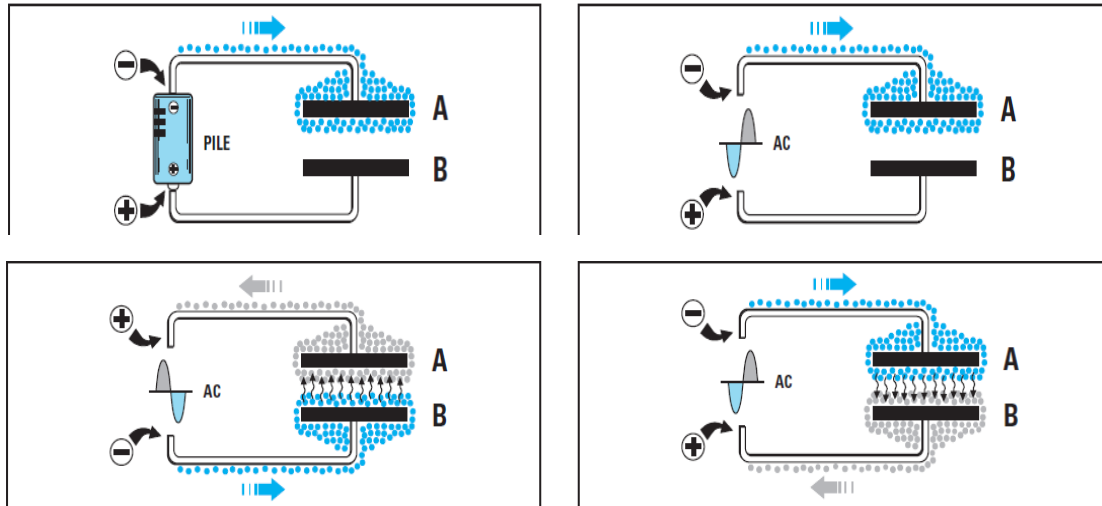
K = tolérance de la tension

275 = tension alternative maximale d'utilisation, protection à 710V

II.2. Condensateur.

Un condensateur est un ensemble de deux lamelles conductrices séparées par un diélectrique (papier, plastic, mica, céramique, oxyde de tantale, air, etc.). Les deux lamelles sont appelées armatures.

Si nous appliquons une tension continue aux bornes d'un condensateur, les électrons se déplaceront rapidement vers la lamelle reliée à la borne négative de la pile pour tenter de rejoindre la borne positive. Mais ils n'y parviendront pas car les deux armatures sont isolées. Ils resteront donc stockés sur l'armature correspondante. En déconnectant le condensateur de la pile, les deux armatures resteront donc chargées.



Un condensateur est essentiellement caractérisé par sa tension nominale (tension maximale qu'il peut supporter sans risque de destruction) et sa capacité exprimée en Farad (F). Par ailleurs, si l'unité de mesure est le farad, cette unité est pourtant trop élevée ; on utilise donc principalement ses sous multiples : microfarad (μF), nanofarad (nF) et picofarad (pF).

$$1\mu\text{F} = 1000\text{nF} ; \quad 1\text{nF} = 1000\text{pF}.$$

II.2.1. Classification.

On peut faire la classification des condensateurs selon les critères suivants :

a) La maniabilité.

Dans ce cas, on classe les condensateurs suivant la possibilité de changer manuellement leur valeur. On distingue ainsi :

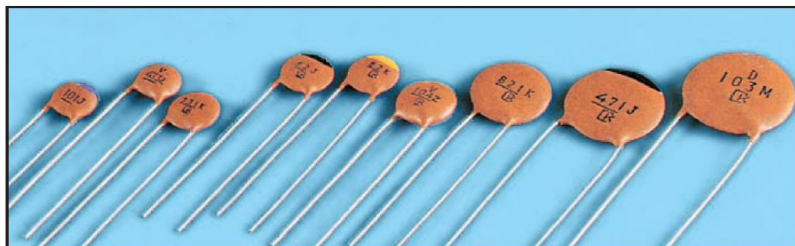
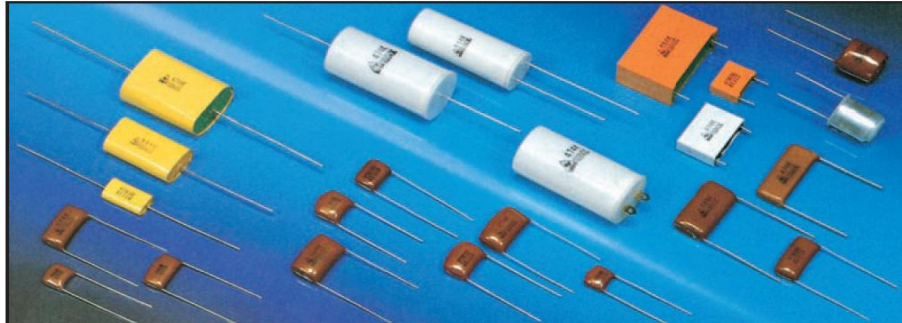
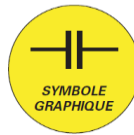
- ✓ Les **condensateurs fixes** dont la valeur ne peut pas être modifiée ;
- ✓ Les **condensateurs variables** dont on peut faire varier leur valeur.

b) La nature du diélectrique.

Dans ce cas on distingue :

- ✓ Les **condensateurs électrolytiques** pour lesquels le diélectrique est une solution chimique.
- ✓ Les **condensateurs secs** pour lesquels le diélectrique n'est pas une solution chimique.

II.2.2. Condensateurs sec.



a) Codage des condensateurs.

La capacité d'un condensateur est indiquée sur son corps avec un sigle qui n'est pas toujours facile à interpréter. Chaque fabricant utilisant une méthode différente pour indiquer les valeurs de ses condensateurs.

Code américain.

- Les valeurs de capacité comprises entre **1pF et 8,2pF** sont indiquées avec un point (.) remplaçant la virgule (,). Par exemple **1.2** sera lu **1,2pF**.
- Les valeurs comprises entre **10pF et 820pF** sont indiquées sans sigle.
- Les valeurs comprises entre **1000pF et 820000pF** sont exprimées en micro farad grâce à l'utilisation d'un point à la place de 0. Par exemple **.0012** ou **.82** sont lus **0,0012μF** ou **0,82μF**.

Code européen.

- Les valeurs comprises entre **1pF et 8,2pF** sont indiquées avec un p remplaçant la virgule. Par exemple **1p0 ; 1p5 ou 2p7** sont lus **1,0pF ; 1,5pF ou 2,7pF**.
- Les valeurs comprises entre **10pF et 82pF** sont indiquées sans sigle.
- Les valeurs comprises entre **100pF et 820000pF** sont exprimées en nanofarad et indiquées avec la lettre n. Par exemple **n15 ; n22 ; n56 ; 1n ; 6n8 ; 56n ou 100n** sont lus **0,15nF ; 0,22nF ; 0,56nF ; 1n ; 6,8n ; 56n ou 100n**.
- Pour les valeurs comprises entre **1000 et 8200** les fabricants allemands préfèrent utiliser le **μF** en positionnant la lettre **u** ou la lettre **m** devant le chiffre : **u0012 ; u01 ; u1 ou u82** sont donc lus **0,0012μF ; 0,01μF ; 0,1μF ou 0,82μF**.

Code asiatique.

- Les valeurs comprises entre **1pF et 82pF** sont indiquées sans sigle.

- Celles comprises entre **100pF et 820000pF** sont indiquées à l'aide d'un codage numérique. Le dernier chiffre indique le nombre de zéro qu'il faut ajouter aux deux premiers chiffres. Par exemple : **101 ; 152 ; 123 ou 104 donne 100pF ; 1500pF ; 12000pF ou 100000pF.**

Remarque.

La lettre **J ; K ou M** peut apparaître sur le corps d'un condensateur, suivie d'un nombre. Par exemple : **104M100 ; 104K100.** Ces lettres ne représentent pas l'unité de mesure, mais sont utilisées pour indiquer la tolérance.

- **J = tolérance inférieure à 5% ;**
- **K = tolérance inférieure à 10% ;**
- **M = tolérance inférieure à 20% ;**

Le nombre qui suit ces lettres indique la valeur de la tension nominale du condensateur (valeur maximale qu'il peut supporter).



Les valeurs standards des condensateurs sont données ci-dessous.

1,0 pF	10 pF	100 pF	1 nF	10 nF	100 nF	1 µF
1,2 pF	12 pF	120 pF	1,2 nF	12 nF	120 nF	1,2 µF
1,5 pF	15 pF	150 pF	1,5 nF	15 nF	150 nF	1,5 µF
1,8 pF	18 pF	180 pF	1,8 nF	18 nF	180 nF	1,8 µF
2,2 pF	22 pF	220 pF	2,2 nF	22 nF	220 nF	2,2 µF
2,7 pF	27 pF	270 pF	2,7 nF	27 nF	270 nF	2,7 µF
3,3 pF	33 pF	330 pF	3,3 nF	33 nF	330 nF	3,3 µF
3,9 pF	39 pF	390 pF	3,9 nF	39 nF	390 nF	3,9 µF
4,7 pF	47 pF	470 pF	4,7 nF	47 nF	470 nF	4,7 µF
5,6 pF	56 pF	560 pF	5,6 nF	56 nF	560 nF	5,6 µF
6,8 pF	68 pF	680 pF	6,8 nF	68 nF	680 nF	6,8 µF
8,2 pF	82 pF	820 pF	8,2 nF	82 nF	820 nF	8,2 µF

TABLEAU 11 condensateurs CÉRAMIQUES

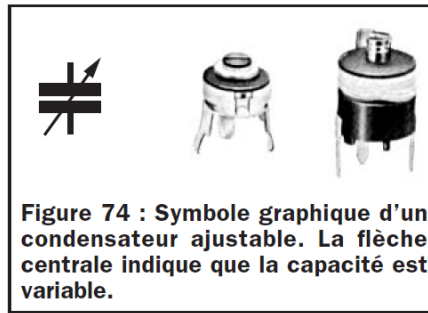
1 pF →			10 pF →		100 pF →		
1,2 pF →			12 pF →		120 pF →		
1,5 pF →			15 pF →		150 pF →		
1,8 pF →			18 pF →		180 pF →		
2,2 pF →			22 pF →		220 pF →		
2,7 pF →			27 pF →		270 pF →		
3,3 pF →			33 pF →		330 pF →		
3,9 pF →			39 pF →		390 pF →		
4,7 pF →			47 pF →		470 pF →		
5,6 pF →			56 pF →		560 pF →		
6,8 pF →			68 pF →		680 pF →		
8,2 pF →			82 pF →		820 pF →		

TABEAU 12 condensateurs POLYESTERS

1 000 pF	102	1n	•001	10 000 pF	103	10n	•01	100 000 pF	104	100n	•1
1 200 pF	122	1n2	•0012	12 000 pF	123	12n	•012	120 000 pF	124	120n	•12
1 500 pF	152	1n5	•0015	15 000 pF	153	15n	•015	150 000 pF	154	150n	•15
1 800 pF	182	1n8	•0018	18 000 pF	183	18n	•018	180 000 pF	184	180n	•18
2 200 pF	222	2n2	•0022	22 000 pF	223	22n	•022	220 000 pF	224	220n	•22
2 700 pF	272	2n7	•0027	27 000 pF	273	27n	•027	270 000 pF	274	270n	•27
3 300 pF	332	3n3	•0033	33 000 pF	333	33n	•033	330 000 pF	334	330n	•33
3 900 pF	392	3n9	•0039	39 000 pF	393	39n	•039	390 000 pF	394	390n	•39
4 700 pF	472	4n7	•0047	47 000 pF	473	47n	•047	470 000 pF	474	470n	•47
5 600 pF	562	5n6	•0056	56 000 pF	563	56n	•056	560 000 pF	564	560n	•56
6 800 pF	682	6n8	•0068	68 000 pF	683	68n	•068	680 000 pF	684	680n	•68
8 200 pF	822	8n2	•0082	82 000 pF	823	82n	•082	820 000 pF	824	820n	•82

II.2.3. Condensateurs à capacité variables.

Ce sont des condensateurs dont on peut faire varier leurs valeurs d'une valeur minimale à une valeur maximale. De nos jours, ces condensateurs ne sont plus utilisés que dans des applications où les courants sont très importants. Dans les applications où les courants sont faibles, ils sont remplacés par des diodes varicap (diode à capacité variable), de dimensions microscopiques.

**Plastique****à air****Céramique**

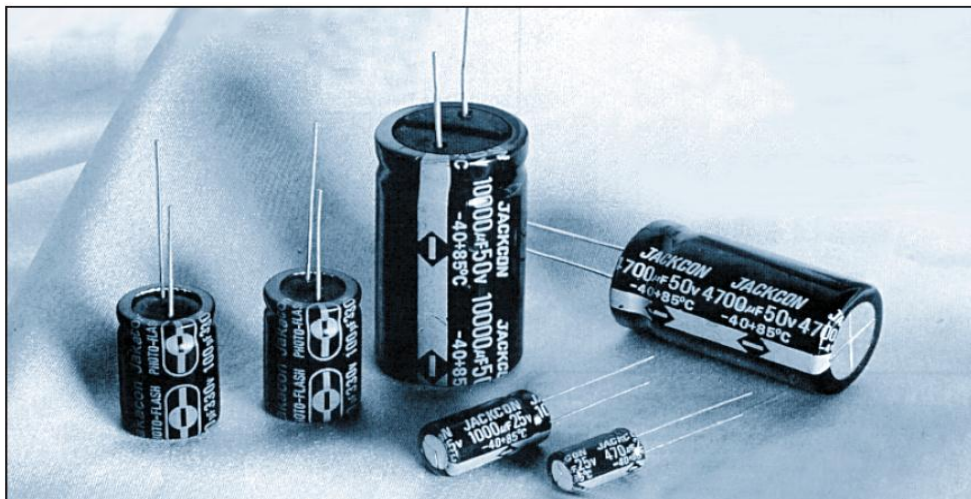
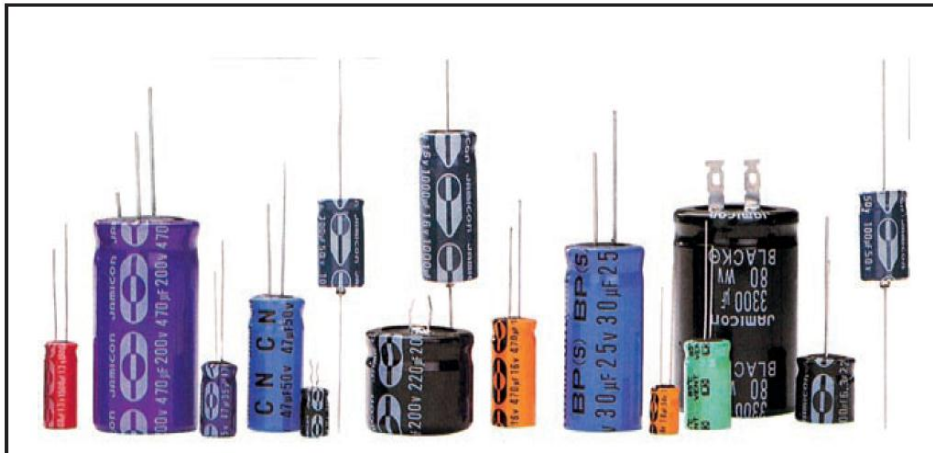
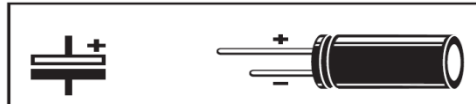
II.2.4. Condensateurs électrolytiques.

Les condensateurs électrolytiques se différencient des autres par la matière isolante qui les compose et par la capacité maximale qu'il est possible d'obtenir.

Dans les condensateurs polyester, les lamelles sont séparées par de petites pellicules isolantes en plastique et leur valeur ne dépasse jamais $2\mu\text{F}$. Dans les condensateurs électrolytiques, les pellicules isolantes sont poreuses et imbibées d'un liquide électrolytique. On obtient ainsi des valeurs de capacité très élevées (jusqu'à $10000\mu\text{F}$) tout en gardant de petites dimensions.

Leur seul inconvénient est qu'ils sont polarisés. Lors du montage de ces condensateurs dans un circuit, il faut veiller à bien respecter leur polarité. Si les polarités sont inversées dans un montage, le condensateur risque d'être endommagé, et si la tension est très élevée, il peut même exploser.

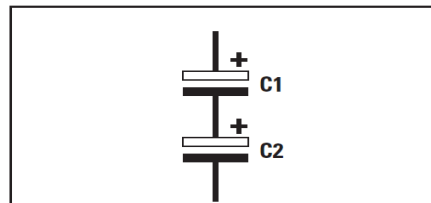
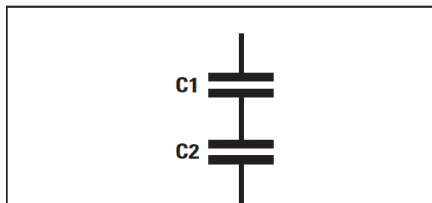
La tension nominale est clairement indiquée sur tous les condensateurs électrolytiques. Cette valeur ne doit jamais être dépassée, si non les électrons pourraient percer la pellicule isolante, placée entre les lamelles, et endommager le condensateur ou provoquer son explosion.



II.2.5. Condensateurs en série ou en parallèle.

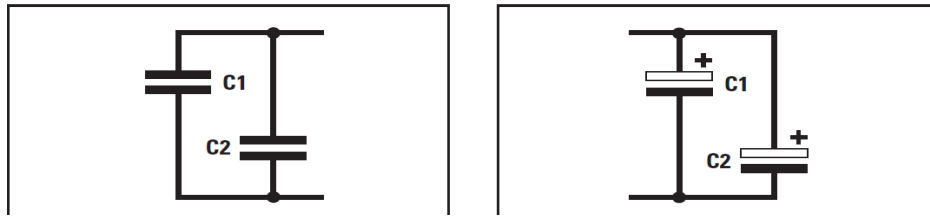
a) Mise en série.

$$\frac{1}{C_{\text{équi}}} = \sum_i \frac{1}{C_i}$$



b) Montage en parallèle.

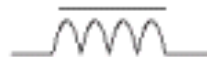
$$C_{\text{équi}} = \sum_i C_i$$

**II.3. Les bobines.**

Inductance



Inductance

Inductance
à noyau
magnétiqueInductance
variable à
noyau
magnétique



La bobine, autrement appelée self ou inductance est un bobinage réalisé avec du fil de cuivre émaillé enroulé sur un support en ferrite le plus souvent. Elle est caractérisée par son coefficient d'auto-induction aussi appelée inductance « L » (exprimée en Henry). Une bobine se teste donc de la même façon qu'un simple fil.

Elle est un peu complémentaire avec le condensateur. En effet si le condensateur s'oppose à une variation de tension et lisse celle-ci, la self, elle, s'oppose à toute variation de courant et lisse celui-ci. Le courant traversant une self crée un flux d'induction qui contraint s'oppose la cause qui lui a donné naissance. Pour résumer, dans un circuit selfique le courant ne pourra pas varier instantanément. On retrouve la self dans de nombreux montages tels que les alimentations, les filtres, les récepteurs ou bien encore les hacheurs de courant.

II.3.1. Association de self.

a) Mode série.

L'association de selfs est identique à l'association de résistances. Lorsque plusieurs selfs seront montées en série alors il suffira d'additionner leur inductance. Le fait de mettre en série plusieurs inductances impose de respecter une distance entre chaque bobine sous peine de voir des perturbations par les champs magnétiques des unes sur les autres.

$$L(\text{totale}) = L1 + L2 + L3 + + Ln$$

b) Mode parallèle.

Lorsque plusieurs selfs sont montées en parallèle alors il suffira d'additionner l'inverse de leur inductance puis d'inverser le résultat final pour avoir l'inductance totale. Le fait de mettre en parallèle plusieurs inductances impose de respecter une distance entre chaque bobine sous peine de voir des perturbations par les champs magnétiques des unes sur les autres.

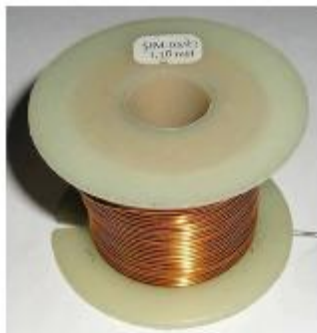
$$1/L(\text{totale}) = 1/L1 + 1/L2 + 1/L3 + + 1/Ln$$

II.3.2. Les différents types de bobine.

a) La bobine à air.



Bobine à spires jointives à plusieurs couches de fil de cuivre émaillé destinée aux basses fréquences et utilisée pour construire des filtres d'enceintes acoustiques Hi-fi
Ici une bobine de 0,85 mH



Bobine à spires jointives à plusieurs couches de fil de cuivre émaillé destinée aux basses fréquences et utilisée pour construire des filtres d'enceintes acoustiques Hi-fi
Ici une bobine de 1,10 mH



Bobine à spires jointives à une seule couche
Appelée Solénoïde (lorsque la longueur est plus grande que la hauteur).



Bobine à spires non jointives de fil de cuivre émaillé destinée aux hautes fréquences,



Bobine à spires non jointives de fil de cuivre argenté (traité contre l'oxydation) destinée aux hautes fréquences,



Bobine à spires non jointives de fil de cuivre argenté (traité contre l'oxydation) destinée aux très hautes fréquences,

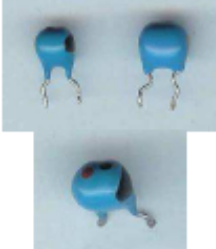


Bobine à 3/4 spire (épingle à cheveux) et une ligne de fil de cuivre argenté (traité contre l'oxydation) destinée aux très hautes fréquences.
Pour une ligne, l'inductance est d'environ de 1 μH par m

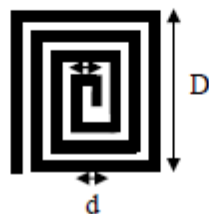
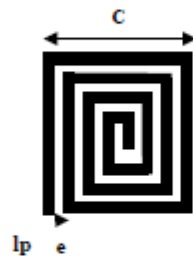
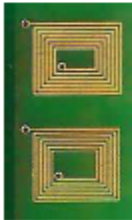
b) La bobine en « nid d'abeille ».



c) La bobine moulée et la bobine de choc.

	Noyau en ferrite dans un boîtier en plastique, fils de connexion radiaux au pas de 5,08 mm. Tolérance : $\pm 5\%$. Puissance dissipée autorisée à 40°C/240 mW Utilisation : découplage, correction ou antiparasitage dans la gamme hautes fréquences/basses fréquences et dans les circuits sélectifs.. Valeur exprimée en μH ici 3,3k = 3300 μH = 3,3 mH ← Bobine Moulée Neosid et le tableau →
	Voir le code des couleurs pour la valeur de l'inductance. ← Ici une bobine de 10 μH
	La valeur est indiquée sur le dessus suivant le code IEC (voir le code de marquage) Ici : 102 = 1000 μH
	Bobine de 5 μH : 27 spires de fil de cuivre $\varnothing$ 0.5 mm bobinées sur un bâtonnet ferrite de $\varnothing$ 1.6 mm de 18 mm de long.
	Bobine de choc VK200 (self de choc) sur tube de ferrite, Dimensions : $\varnothing$: 6 mm, L = 10mm (14 max) 2,5 spires, 10 μH 1,5 spires, 10 μH Impédance $Z = 600 \Omega$ à 50Mhz, $Z_{\text{max}} = 850 \Omega$ à 150 Mhz

d) La bobine imprimée.



Formule

lp = largeur de la piste imprimée

e = espace entre les pistes

C = largeur d'un côté du carré

Connaissant la valeur L de l'inductance, on peut calculer les dimensions de la bobine à graver (en mm).

$C = (L / K)^{0,375}$ K voir ci-dessous

avec $K = 2,7 * 10^{-9} * (1 / (1 + e/lp)^{1,67}) * 1/lp^{1,67}$

Autre formule :

$$L = \frac{(D+d)}{72} N^{5/3} \log \frac{(4D+d)}{D-d}$$

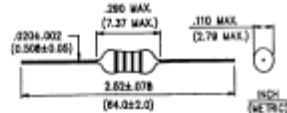
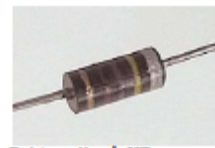
L : inductance en μH

D : longueur du côté spire extérieure en mm

d : longueur du côté spire intérieure en mm

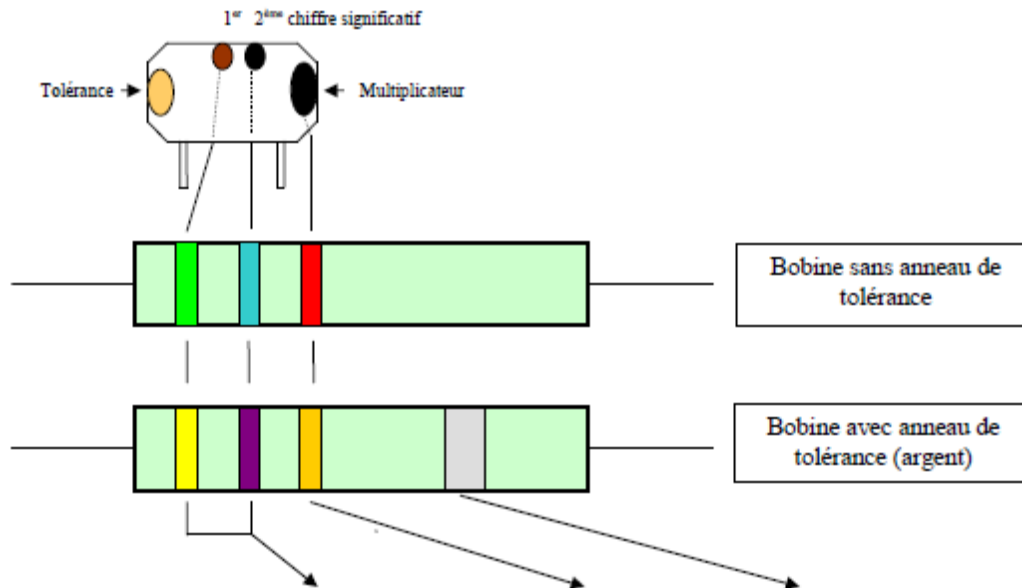
N : nombre de spires

II.3.3. Le code des couleurs pour les bobines.



Bobines d'arrêt HF sur noyau ferrite
Q mini : 30 • Tolérance : $\pm 10\%$
Dimensions : $\varnothing 4 \times 10\text{mm}$
Courant maxi : 700mA (0,1 μH) à 40mA (4,7mH)

Tableau du code des couleurs (l'inductance est exprimée en μH)



Mnémotechnique Initiale du mot = Initiale Couleur	Chiffres significatifs	Multiplicateur	Tolérance
Ne	Noir : 0	x 1	$\pm 20\%$
Mangez	Marron : 1	x 10	
Rien	Rouge : 2	x 100	
Ou	Orange : 3	1 k	
Je	Jaune : 4	10 k	
Vous	Vert : 5	100 k	
Battrai	Bleu : 6	1 M	
VIOlement	Violet : 7	10 M	
Grand	Gris : 8		
BOA ←	Blanc : 9		
		Argent : x 0,01	$\pm 10\%$
		Or : x 0,1	$\pm 5\%$
			Sans anneau $\pm 20\%$ ou $\pm 10\%$

II.3.4. Pertes dans les circuits magnétiques.

Il existe deux types de pertes dans les noyaux magnétiques:

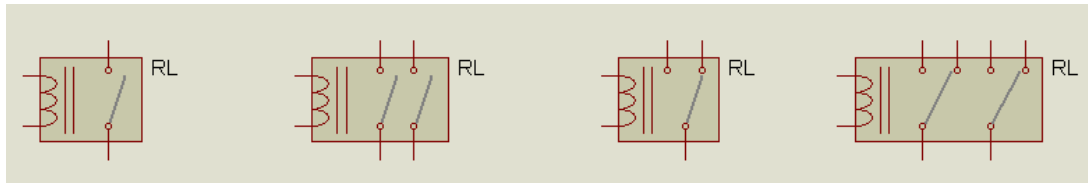
- Les pertes par **hystérésis** proportionnelles à la fréquence ;
- Les pertes par **courants de Foucault** proportionnelles au carré de la fréquence.

II.3.5. Caractéristiques d'une inductance.

- Valeur de l'inductance (μH , nH , mH , H) ;
- Résistance ohmique ;
- Courant admissible (saturation magnétique) ;
- En HF, coefficient de surtension ($Q = L\omega/R$).

II.4. Les Relais.

II.4.1. Symboles.



a) Relais R

b) Relais RT.

II.4.2. Définition.

Le relais est un composant constitué d'une bobine (électroaimant) qui, lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique, agit sur un ou plusieurs contacts. Un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la commutation On / Off d'un élément électrique (relais statique).

Comme la commande peut être réalisée sous faible puissance (faible tension, faible courant), et que la partie coupure peut commuter des puissances importantes, on peut dire que ce composant est un élément de commande de grande puissance à partir d'une faible puissance.

II.4.3. Condition d'utilisation.

Dans le cas des relais électromécaniques, la bobine peut générer de fortes surtensions au moment où le courant cesse de la traverser. Cette surtension (qui peut atteindre plusieurs dizaines de volts ou plus de 100 volts, même avec une alimentation de 12V) peut détruire le transistor ou la porte logique qui la commande. Pour éviter tout risque de destruction de la commande électronique qui précède le relais, il est d'usage de placer une diode, dite de roue libre, en parallèle sur la bobine du relais. Cette diode doit être câblée en inverse, c'est à dire cathode vers le pôle le plus positif de l'alimentation (si vous la branchez à l'envers, elle grillera instantanément dès la première activation de la commande).

II.4.4. Caractéristiques et avantage.

Un relais est ainsi caractérisé par la tension de commande, la tension qu'elle peut commander et le courant de coupure de son (ou ses) contact.

Les avantages des relais électromagnétiques sont nombreux, nous pouvons citer entre autre :

- ✓ Capacité de commuter aussi bien des signaux continus qu'alternatifs sur une large gamme de fréquences.
- ✓ Fonctionnement avec une dynamique considérable du signal commuté.
- ✓ Aucun ajout de bruit ou de distorsion.
- ✓ Résistance de contact fermé très faible.
- ✓ Résistance de contact ouvert très élevée.

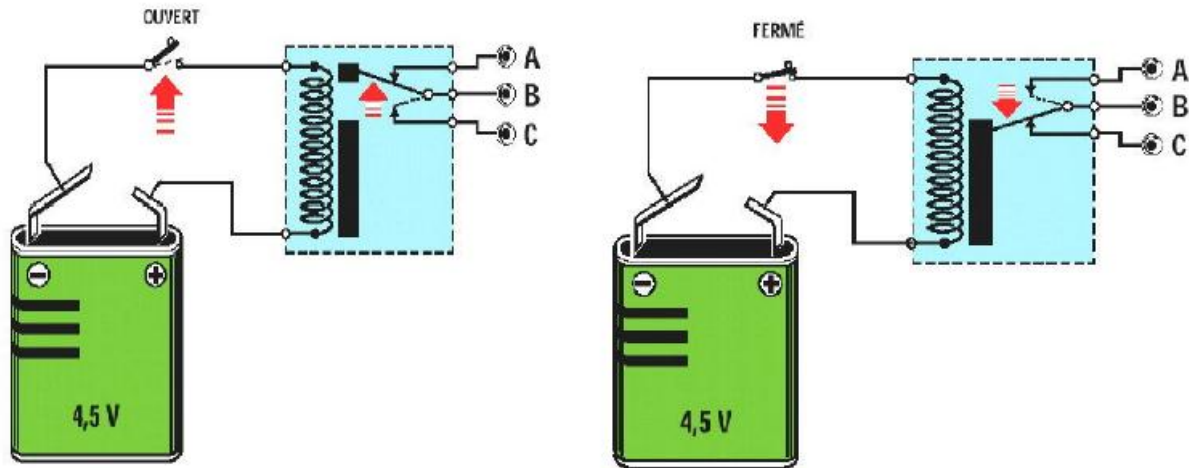
Comme inconvénients, on peut citer le fait qu'ils sont bruyants et encombrants.

II.4.5. Test d'un relais.

Les exemples ci-dessous montrent la méthode de test d'un relais électromagnétique.

NB :

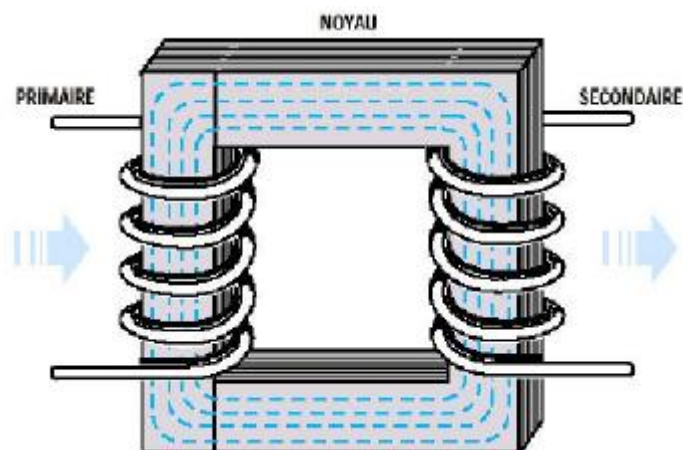
- ✓ La palette mobile est en principe une lame en acier isolée de la partie magnétique mobile, ce que les figures ci-dessous ne montrent pas.
- ✓ La résistance de la partie bobine varie d'une dizaine à quelques centaines d'ohms.



II.5. Les transformateurs.

II.5.1. Généralité.

Un transformateur est un composant électrotechnique comportant au moins deux enroulements isolés galvaniquement.



Les diamètres des fils utilisés sont calculés en fonction du courant qui va les traverser. Le nombre de spires utilisés est calculé en fonction de la tension appliquée aux bornes de l'enroulement selon la relation suivante (pour un transformateur supposé parfait).

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

Où N_1 , U_1 et I_1 sont : le nombre de spires, la tension et le courant au primaire ; N_2 , U_2 et I_2 sont : le nombre de spires, la tension et le courant au secondaire.

La taille et le volume des transformateurs dépendent de la puissance apparente exprimée en VA et de la fréquence de fonctionnement.

Attention : Un transformateur est réversible, d'abaisseur il peut devenir élévateur de tension en inversant le branchement (de primaire en secondaire).

Plusieurs secondaires capables de débiter des tensions et des courants différents peuvent être présents à l'intérieur d'un même transformateur. En additionnant les puissances fournies par chaque secondaire, on obtient la puissance totale du transformateur.

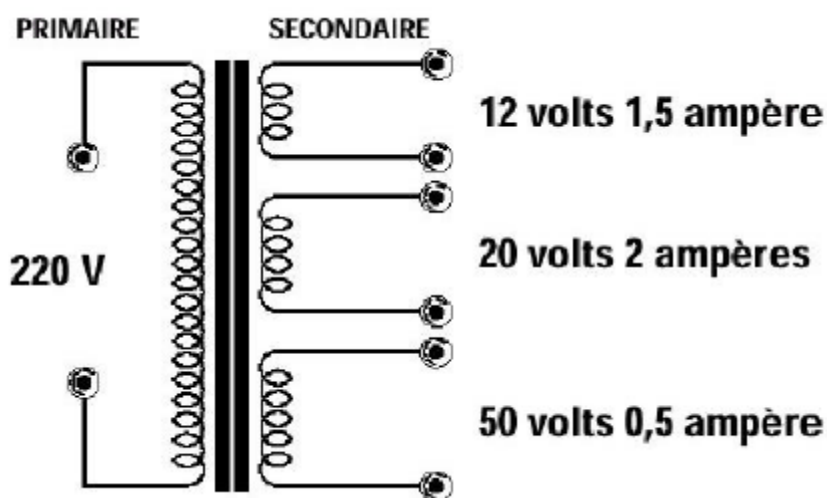
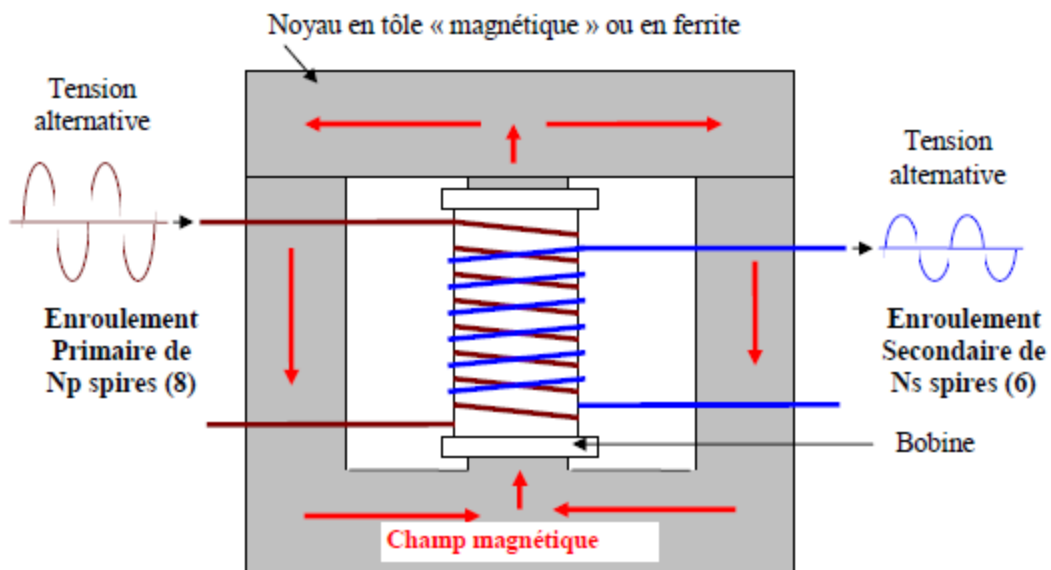
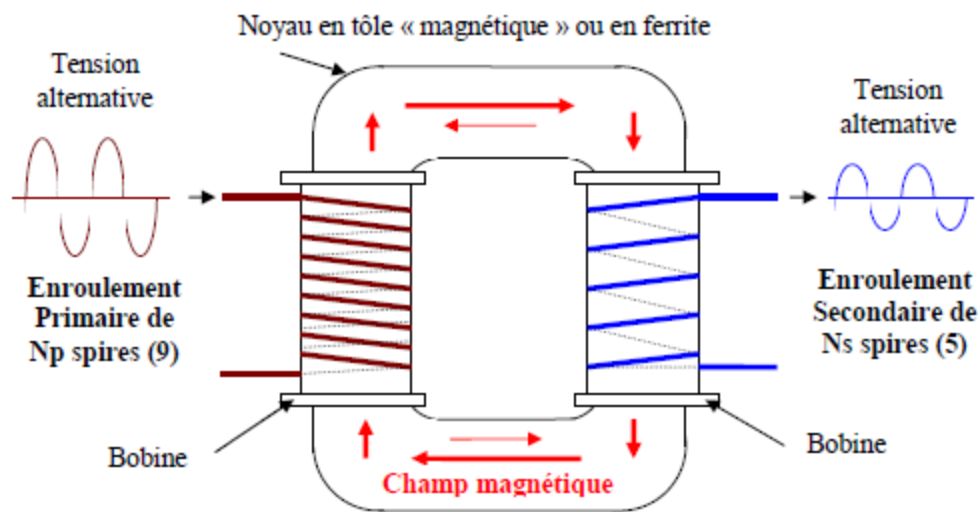


Schéma du principe de fonctionnement de quelques transformateurs

Exemple d'un transformateur abaisseur $N_p > N_s$ ($9 > 5$)
Avec un noyau, un seul enroulement primaire et secondaire



Noyau avec un empilement de tôles magnétiques en forme de E et de I (alternées)

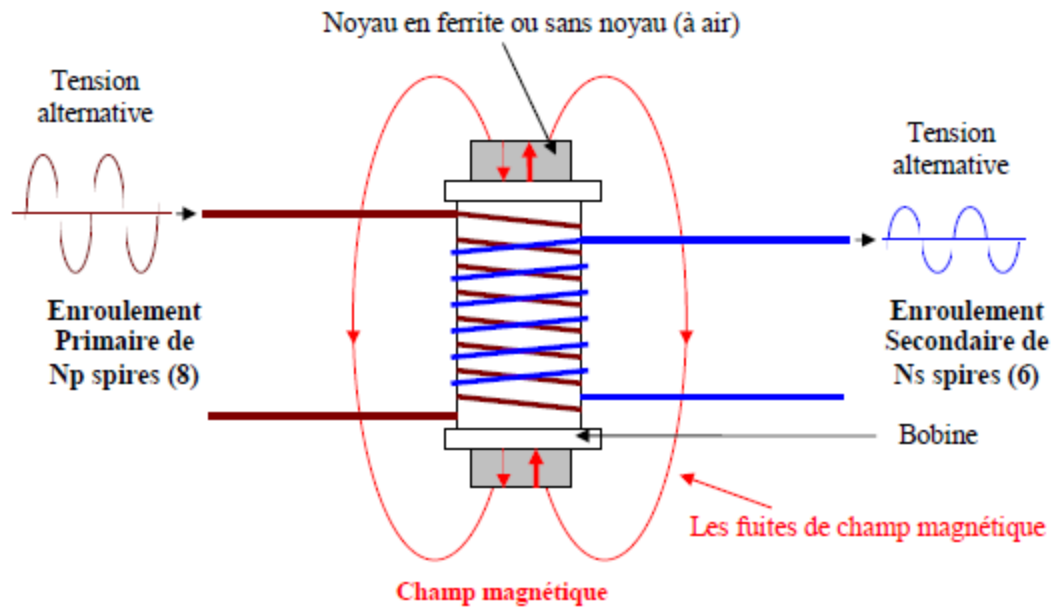
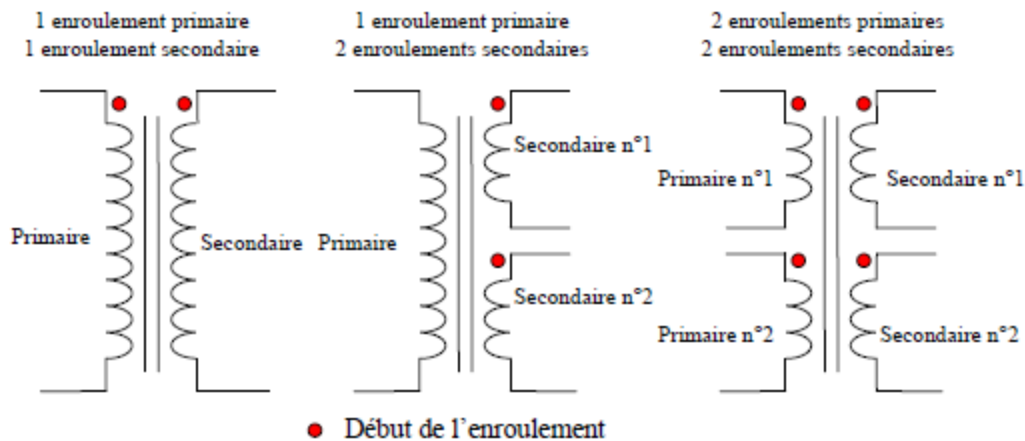


Schéma de différents types de transformateurs



II.5.2. Caractéristiques techniques d'un transformateur.

Un transformateur est caractérisé par sa tension primaire, son courant et sa tension secondaire, ainsi que sa fréquence. Le produit de la tension et du courant au secondaire donne la puissance du transformateur, exprimée en VA.

De façon technique, le choix d'un transformateur est guidés par les paramètres suivants :

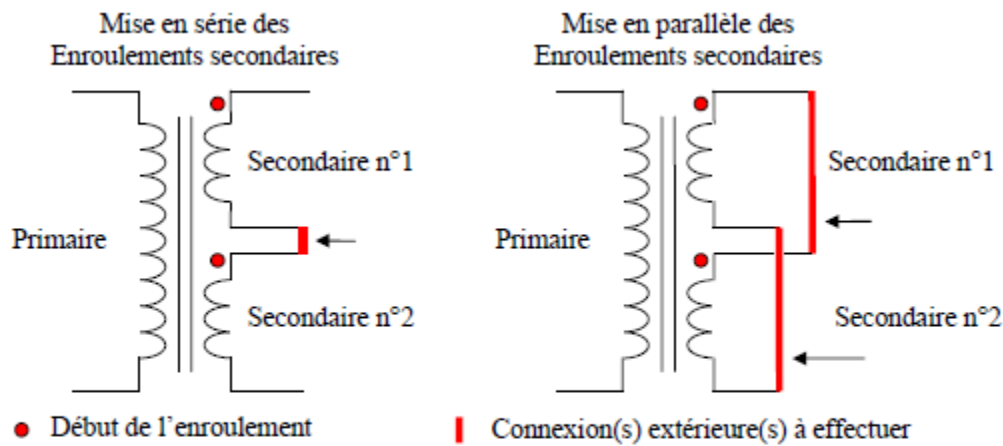
- La puissance nominale exprimée en Volt Ampère (VA) qu'il peut fournir. Elle varie de 1VA à quelques Kilo VA ou même à des centaines de KVA en milieu industriel. Il faut tenir compte des pertes dues au transformateur. Pour le choix, il faut choisir la puissance en VA du transformateur supérieure de 5% à 30% à la puissance consommée par la charge en fonction des caractéristiques données par le fabricant (perte dans les tôles du noyau, etc...).
- Le nombre et la valeur de tensions secondaires séparées ou ayant un point commun.
- L'intensité maximale de chaque enroulement secondaire.

- Le rendement : rapport de la puissance utile sur la puissance consommée (entre 95% et 70%) due aux pertes (échauffement par effet joule, pertes dans le noyau par courant de Foucault, etc...).
- Le rapport entre la tension de sortie à vide et en charge.

II.5.3. Combinaison des enroulements.

Il est possible de combiner les enroulements primaires ou secondaires en respectant le sens des enroulements (le même sens).

Généralement les enroulements sont dédoublés afin de permettre une mise en parallèle ou en série des enroulements, respectivement pour doubler le courant fourni ou pour doubler la tension disponible.



Le type de raisonnement ci-dessus pour les enroulements secondaires est valable pour les enroulements primaires (ex : 2 enroulements primaires de 110V chacun sont mis en série pour être alimentés en 220 V).

II.5.4. Les différents types de transformateurs.

a) Le transformateur sur carcasse et étrier.



b) Le transformateur moulé.

Ce type de transformateur est actuellement entièrement moulé et bénéficie d'une protection totale contre les courts circuits. Il est muni de connexions extérieures au pas de 5,08 mm à souder directement sur le circuit imprimé.

Fabricant : Myrra Série 44000, Crovisa, Orbitec,



c) Le transformateur R.

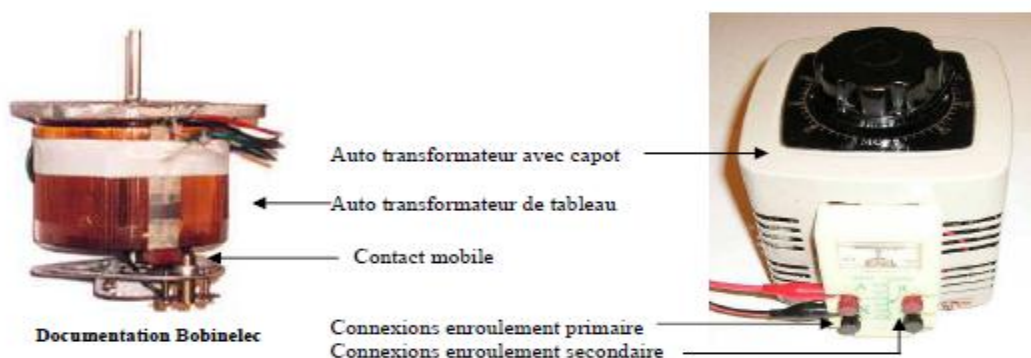
Ces transformateurs offrent des performances intéressantes sous un volume réduit et remplacent avantageusement les transformateurs toriques (coût moindre, encombrement plus faible, excellent taux de régulation, pertes de flux très faibles, faible consommation à vide, échauffement faible et silencieux).



Extraits du catalogue Selectronic

d) L'autotransformateur.

L'autotransformateur, aussi appelé Variac, est un transformateur muni d'un contact supplémentaire mobile sur une partie du bobinage à spires espacées de l'enroulement primaire (220V) dénudée pour faire contact. Ce contact mobile forme une des 2 connexions de l'enroulement secondaire et permet de faire varier la tension secondaire de 0 à 220V~. L'autotransformateur est utilisé pour dépanner les alimentations à découpage en injectant une faible tension d'entrée secteur ou pour tester la régulation d'une alimentation linéaire ou à découpage en fonction de la variation de la tension secteur.



II.6. Diodes.

II.6.1. Diodes redresseuses.

Différents boîtiers

					
Boitier DO-41 Et minimelf	Boitier DO-41	Boitier Boitier MR745	TO-220 diode simple et double	TO diode double	DO4 et DO5 Cathode ou anode reliée au pas de vis



Le fonctionnement macroscopique d'une diode est celui d'un interrupteur commandé par une tension (V_d) qui ne laisse passer le courant que dans un seul sens.

Les diodes se présentent comme de petits cylindres en plastique ou en verre, et ont deux broches appelées cathode et anode. La bague, généralement noire ou blanche, présente sur une des extrémités de leur corps, indique la position de la cathode. Une diode devient conductrice lorsque le pôle positif d'une tension continue est raccordé à son anode. Elle ne conduit pas dans le cas inverse.



Figure 88 : Dans les schémas électriques, la diode est représentée par le symbole de gauche. La bague colorée sur le corps de la diode indique la cathode.

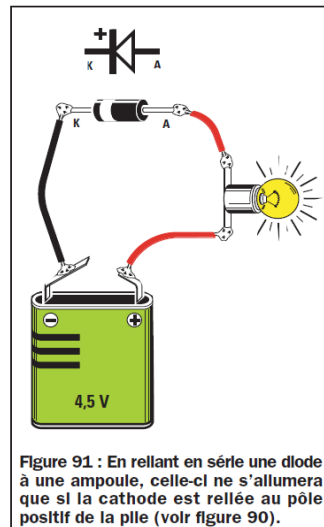


Figure 91 : En reliant en série une diode à une ampoule, celle-ci ne s'allumera que si la cathode est reliée au pôle positif de la pile (voir figure 90).

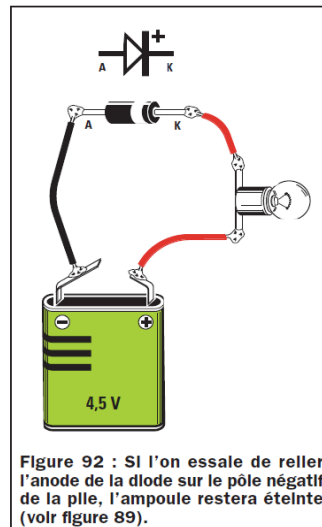


Figure 92 : Si l'on essaie de relier l'anode de la diode sur le pôle négatif de la pile, l'ampoule restera éteinte (voir figure 89).

Les diodes sont utilisées en électronique pour redresser une tension alternative ; c'est-à-dire pour prélever de celle-ci les demi alternances positives ou négatives seulement.

Si on applique une tension alternative sur l'anode d'une diode, on retrouvera sur sa cathode les demi-alternances positives seulement. A l'inverse, si la même tension est appliquée à la cathode, on ne trouvera que des demi-alternances négatives sur son anode.

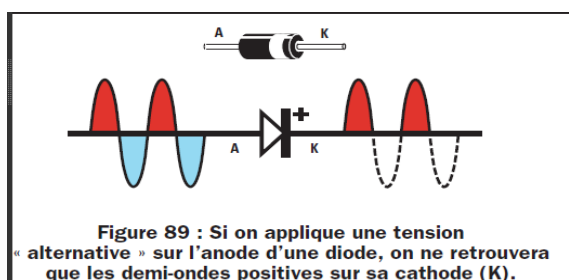


Figure 89 : Si on applique une tension « alternative » sur l'anode d'une diode, on ne retrouvera que les demi-ondes positives sur sa cathode (K).

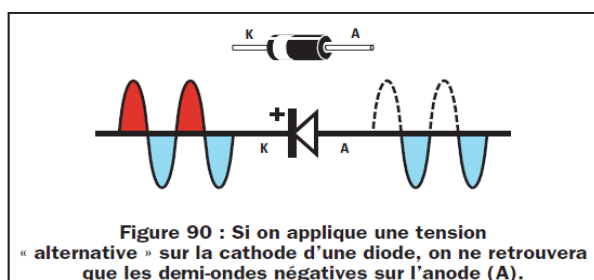
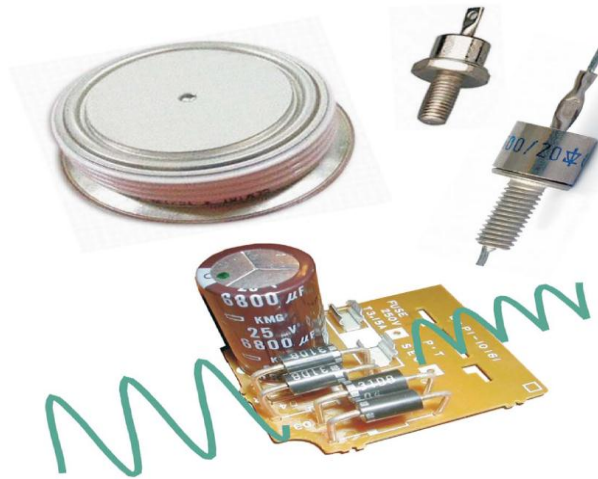


Figure 90 : Si on applique une tension « alternative » sur la cathode d'une diode, on ne retrouvera que les demi-ondes négatives sur l'anode (A).



a) Paramètres essentiels des diodes.

Il existe des diodes capables de redresser des tensions de 50V avec un courant de 100mA, d'autres capables de redresser des tensions de 400V ou 1000V avec des courants supérieurs à 10A. Pour connaître ainsi les caractéristiques techniques d'une diode, il est nécessaire de disposer de sa fiche technique ou d'un lexique des caractéristiques.

Les sigles indiqués sur le corps des diodes varient en fonction des fabricants (exemples : **BAY72, 1N4148, 1N4004, etc.**). Il n'existe pas de règle, comme pour les résistances ou les condensateurs, donnant la valeur d'une diode en fonction de son marquage.

En fonction de l'application considérée, on s'intéressera à certains paramètres des diodes plutôt qu'à d'autres. Certains paramètres ne sont pas spécifiés pour tous les types de diodes, sauf les suivants qui sont incontournables :

- ✓ **V_F** : tension de coude de la diode spécifiée à un courant direct donné.
- ✓ **I_F** : courant direct permanent admissible par la diode à la température maximale de fonctionnement.
- ✓ **I_{FSM}** : courant temporaire de surcharge (régime impulsionnel). En général, pour un courant de surcharge donné, le constructeur spécifie l'amplitude des impulsions, leur durée, le rapport cyclique, et dans certains cas, le nombre maximale d'impulsions qu'on peut appliquer.
- ✓ **V_R** : c'est la tension inverse maximale admissible par la diode (avant l'avalanche).
- ✓ **I_R** : c'est le courant inverse de la diode. Il est spécifié à une tension inverse donnée, et pour plusieurs températures (généralement 25°C et T_{max}). Ce courant n'est pas seulement celui dû aux porteurs minoritaires. Il provient aussi des courants parasites à la surface de la puce (le silicium est passivé par oxydation, et il peut subsister des impuretés qui vont permettre le passage de faibles courants). Le boîtier d'encapsulation de la puce de silicium est aussi source de fuites.

Ces symboles sont ceux généralement employés par les différents constructeurs, mais il peut y avoir des variantes, et il est toujours sage de se reporter à la documentation du constructeur pour savoir comment sont spécifiés les paramètres, et à quoi ils correspondent exactement.

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}								
DC Blocking Voltage	V_R								
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (halfwave, single phase, 60 Hz)	V_{RSM}	60	120	240	480	720	1000	1200	V
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, $T_A = 75^\circ\text{C}$)	I_O	1.0							A
Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions)	I_{FSM}	30 (for 1 cycle)							A
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{stg}	-65 to +175							$^\circ\text{C}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

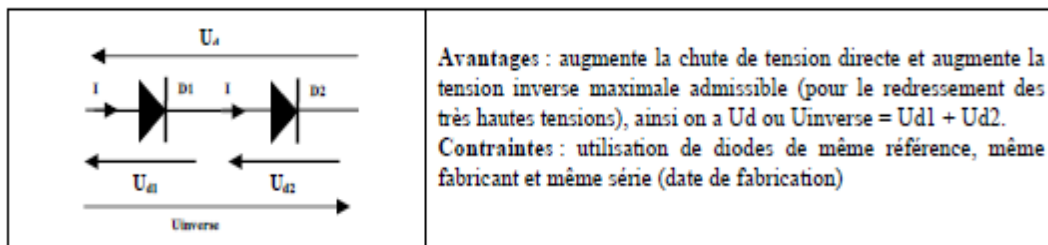
Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop, ($I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	V_F	0.93	1.1	V
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop, ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$V_{F(AV)}$	–	0.8	V
Maximum Reverse Current (rated DC voltage) ($T_J = 25^\circ\text{C}$) ($T_J = 100^\circ\text{C}$)	I_R	0.05 1.0	10 50	A
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current, ($I_O = 1.0$ Amp, $T_L = 75^\circ\text{C}$, 1 inch leads)	$I_{R(AV)}$	–	30	A

b) Le groupement de diodes.

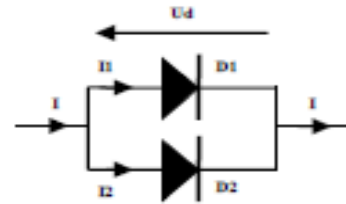
Dans certains cas il peut être intéressant de recourir à des groupements de diodes.

➤ **Le groupement série.**

Ce type de groupement de diodes est utilisé pour le redressement de très hautes tensions en augmentant la tension inverse supportée par l'ensemble (en respectant certaines contraintes) et la tension directe dans certains cas de stabilisations de tensions.

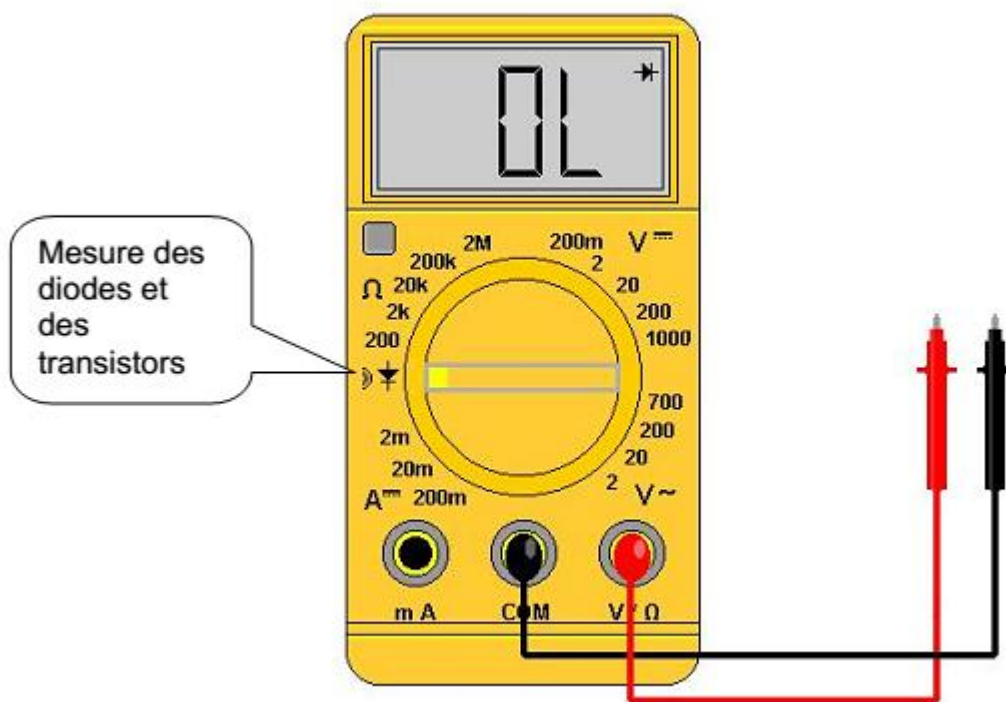
➤ **Le groupement parallèle.**

Ce type de groupement de diodes est utilisé pour augmenter l'intensité du courant redressé en minimisant la chute de tension dans les diodes (quelques dixièmes de millivolts en moins) et pour répartir la chaleur dissipée dans les composants.

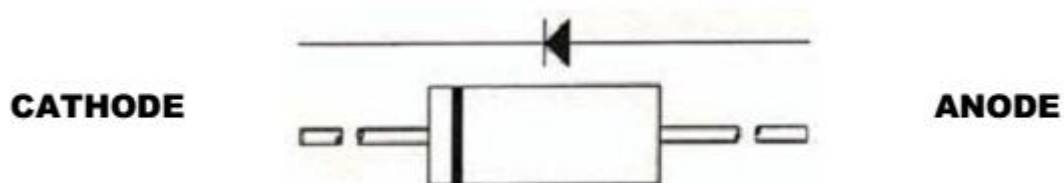


c) Test d'une diode (vérification).

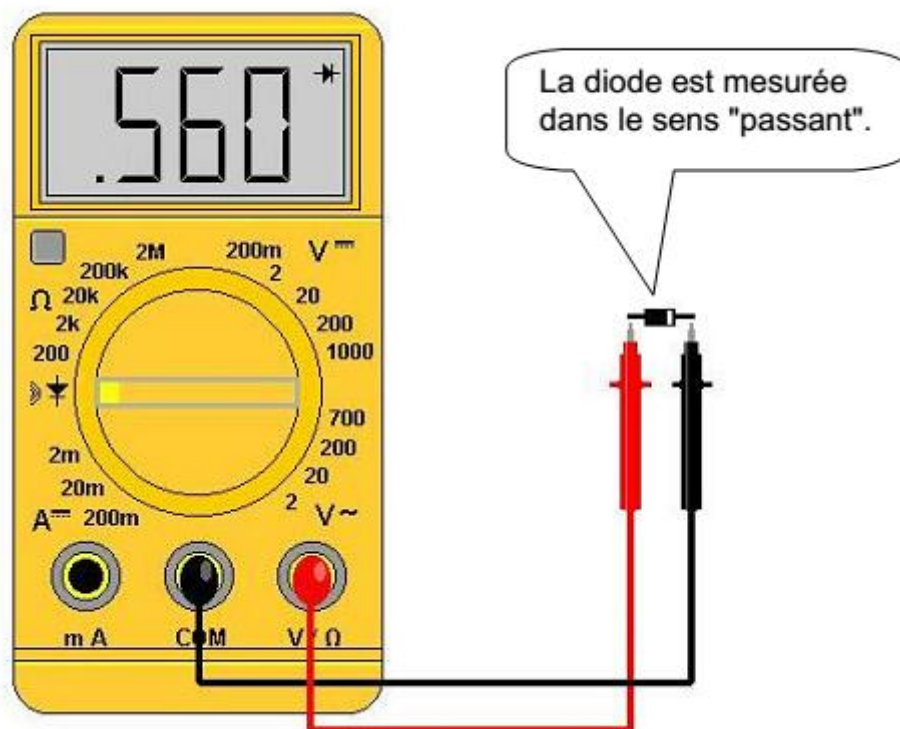
Pour faire le test d'une diode, on utilise la position "**diode**" du multimètre.



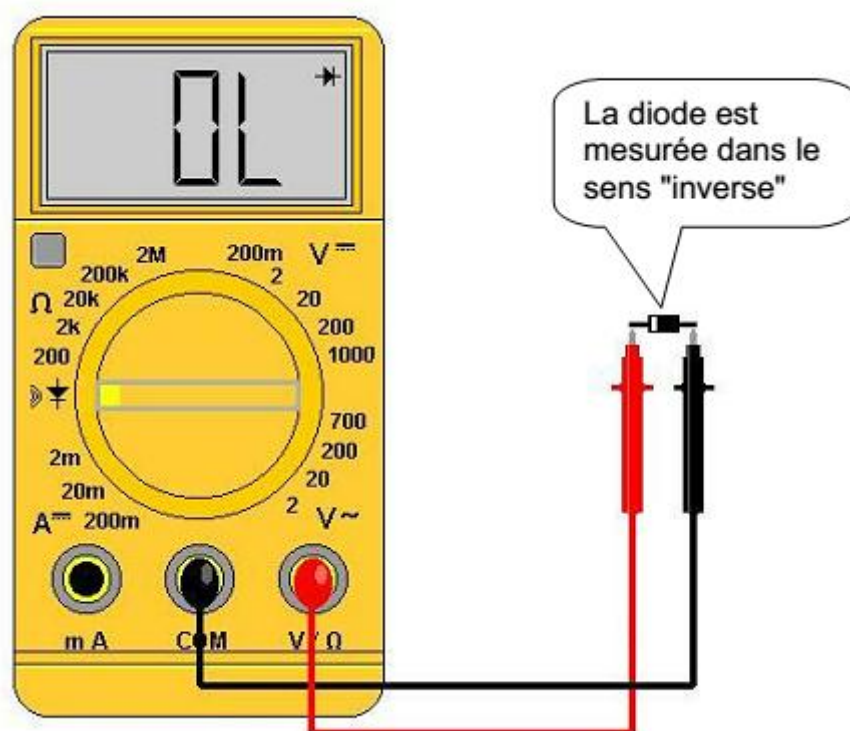
Le test d'une diode est simple, elle "laisse passer" le courant dans un seul sens : de l'anode vers la cathode. Sur le composant, la cathode est repérée par collier de couleur différente de celle du corps de la diode.

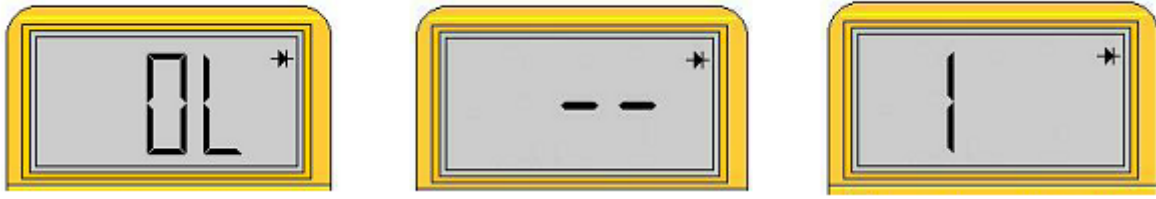


Dans le sens direct, la valeur lue varie suivant le composant et l'appareil de mesure, mais est souvent aux alentours de 0,6 (0,560 dans le cas de la figure ci-dessous). Remarquez que l'appareil n'affiche pas le zéro, mais seulement ".560". Cette valeur aux alentours de 0,6 est pour une diode au silicium (1N4004 par exemple) ; pour une diode au germanium (1N270 par exemple) cette valeur est de l'ordre de 0,2.



Dans le sens inverse, le courant ne passe pas, le multimètre indique "OL" (Over Load), mais sur certains modèles (tout dépend de la marque) l'indication peut être différente, exemple : "--" (deux tirets) ou bien encore "1" (1 suivit de deux espaces), dans tous les cas cet affichage correspond au "dépassement de capacité", c'est-à-dire que la valeur à mesurer est plus grande que la valeur maximale du calibre (de la gamme de mesure) en cours d'utilisation.





Différentes affichages possibles quand la diode est bloquée.

Remarque : Si la diode est en parallèle sur une bobine, il faut la dessolder au moins d'un côté.

Pour le cas des appareils de mesure analogiques, on mesure la résistance de la diode entre ses 2 connexions externes dans un sens puis dans l'autre.

Lorsqu'on relie l'anode au + de l'ohmmètre (fil rouge) et la cathode au – (fil noir) la diode est polarisée en directe et sa résistance est faible, de 10Ω à $1k\Omega$ suivant la diode et l'ohmmètre (tension de la pile utilisée). Dans le sens inverse, la résistance est beaucoup plus forte, soit infinie pour la majorité des diodes au silicium et de l'ordre de quelques $100k\Omega$ pour des diodes au Germanium ou certaines diodes Zener ayant une tension Zener faible.



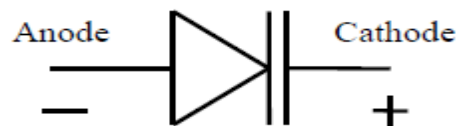
II.6.2. Diodes Schottky.

Les **diodes Schottky** sont des diodes à jonction métal/semi-conducteur. Cette jonction hétérogène est caractérisée par l'absence de stockage des charges, elle est donc très rapide.

Minimelf		Puissance	Puissance
			

II.6.3. Les diodes varicap.

On utilise la variation de la capacité de jonction avec la polarisation inverse dans des oscillateurs ou des circuits d'accord. On fait alors facilement varier la tension d'oscillation ou d'accord en modifiant la tension de polarisation.

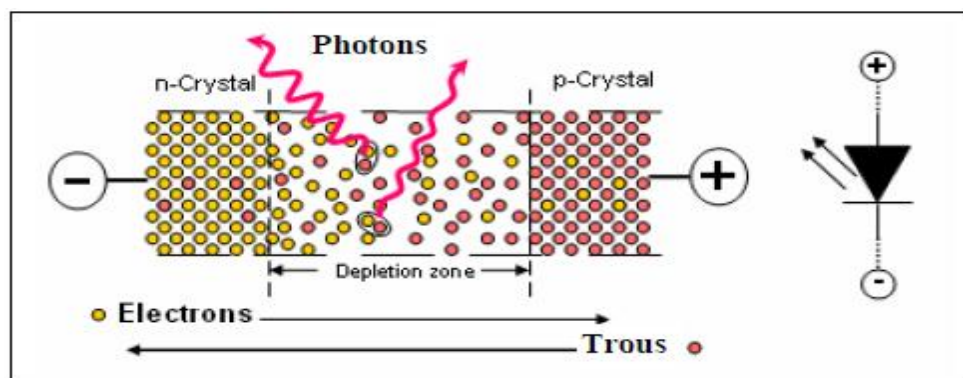


II.6.4. La diode électroluminescente DEL (LED).

Divers boîtiers et couleurs



Led Bicolore (vert, rouge) : 3 connexions (# 2 Del) ou 2 connexions (inversion de courant)



La diode électroluminescente ou DEL (LED en Anglais (Light Emitting Diode)) est une diode dopée spécialement pour qu'elle émette un rayonnement de lumière visible ou non lorsqu'elle est traversée par un courant dans le sens direct.

La tension directe d'environ 1,2V à 4,5V dépend des matériaux utilisés (couleur). Elle se présente sous divers boîtiers (rond, triangulaire, rectangulaire, afficheurs 7 segments). La

tension inverse que peut supporter une DEL est très faible, quelques volts (en général environ 5V).

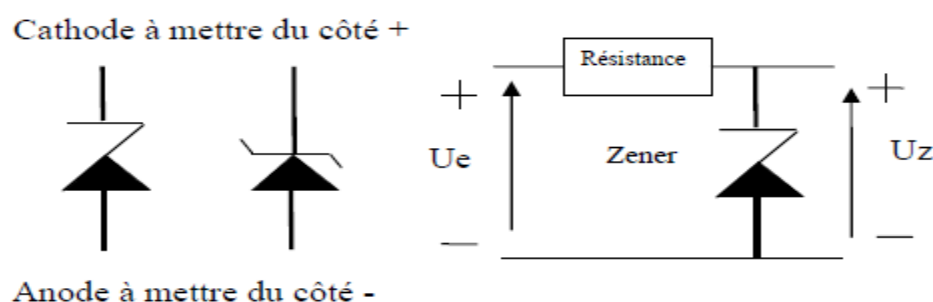
Couleur	Longueur d'onde (en nm)	Tension de seuil
Blanc		3,5V
Bleu	450 - 500	2,5V à 2,8V
Infrarouge	>760	1,6V
Jaune	585 - 590	2,1V
Orange	600 - 620	2V
Rouge	625 - 655	1,6V à 2V
Ultraviolet	<400	3,1V
Vert	525 - 565	2,1V à 2,5V
Violet	400 - 450	2,7V à 3,1V

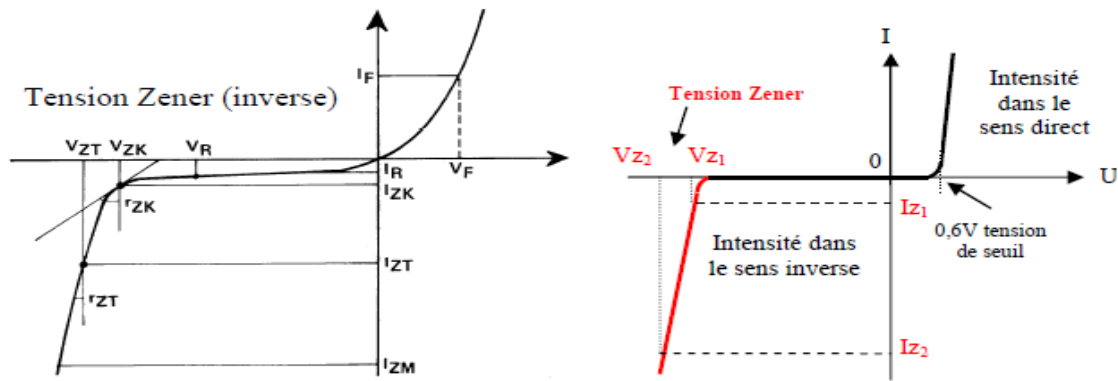
Caractéristiques d'une diode électroluminescente DEL.

- ✓ Couleur (longueur d'ondes en nano mètre),
- ✓ Taille et forme du boîtier : 1mm, 3mm, 5mm, ronde, triangulaire, rectangulaire, etc.
- ✓ Intensité lumineuse exprimée en milli candela (mcd),
- ✓ Angle de diffusion / éclairage,
- ✓ Tension de seuil et intensité du courant,
- ✓ Boîtier et brochage : 2 connexions ; en général la connexion la plus longue est l'anode.

II.6.5. La diode Zener.

La **diode Zener** est une diode fabriquée spécialement pour supporter une tension inverse qui peut être importante jusqu'à sa tension de claquage ou tension d'avalanche (tension Zener). A partir de cette tension, la résistance de la diode devient très faible. Cet état peut être réversible (diode Zener) ou irréversible (destruction ou claquage d'une diode de redressement). La tension Zener est la caractéristique principale de ce type de composant qui a été mise en évidence par le physicien américain Clarence Zener. La figure ci-dessous donne la courbe caractéristique d'une diode Zener (l'échelle des courants direct et inverse n'est pas respectée).





- ✓ V_{ZT} : Tension de régulation à un courant donné (I_{ZT}),
- ✓ I_{ZT} : Courant de contrôle de la tension de régulation (V_{ZT}),
- ✓ r_{ZT} : Résistance différentielle mesurée pour le courant I_{ZT} ,
- ✓ I_{ZK} : Courant de régulation dans la région du coude,
- ✓ r_{ZK} : Résistance différentielle pour le courant I_{ZK} ,
- ✓ $CI \cdot v_z$: Coefficient de température de la tension de régulation,
- ✓ I_R : Courant inverse à la tension spécifiée V_R ,
- ✓ V_R : Tension inverse inférieure à la tension de régulation,
- ✓ I_{ZM} : Valeur limite maximale du courant de régulation,
- ✓ I_{ZSM} : Courant inverse de pointe de surcharge non répétitif,

Les principales caractéristiques d'une diode zener sont :

- ✓ La tension zener (de 1,2 V à plus de 200V)
- ✓ La précision sur la tension,
- ✓ La puissance maximale,
- ✓ Le coefficient thermique,
- ✓ La résistance dynamique,
- ✓ Le boîtier.

Remarque :

- ✓ la diode Zener ayant le meilleur coefficient de température se situe vers 6,2V.
- ✓ la diode Zener est utilisée comme tension de référence dans les alimentations stabilisées. Elle permet également la protection en surtension.

La diode Zener programmable et de référence

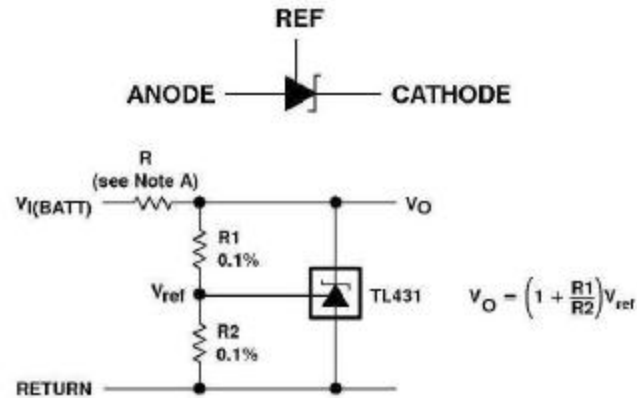
La diode Zener programmable est une diode à trois connexions extérieures. Une des connexions est utilisée pour ajuster la tension Zener à la valeur désirée dans la plage indiquée par le fabricant. A proprement parlé ce n'est pas une diode Zener mais plutôt un circuit intégré. Une des plus connues est la référence TL431 de Texas Instrument :

- Tension de sortie programmable de 2,5V à 36V ;
- Impédance de sortie dynamique $0,2\Omega$;
- Courant drainé de 1.0 à 100mA ;

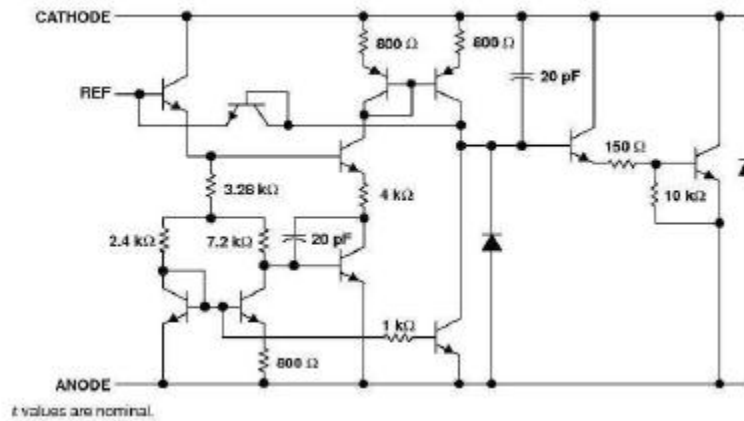
TO-92

1. Ref 2. Anode 3. Cathode **TL431**

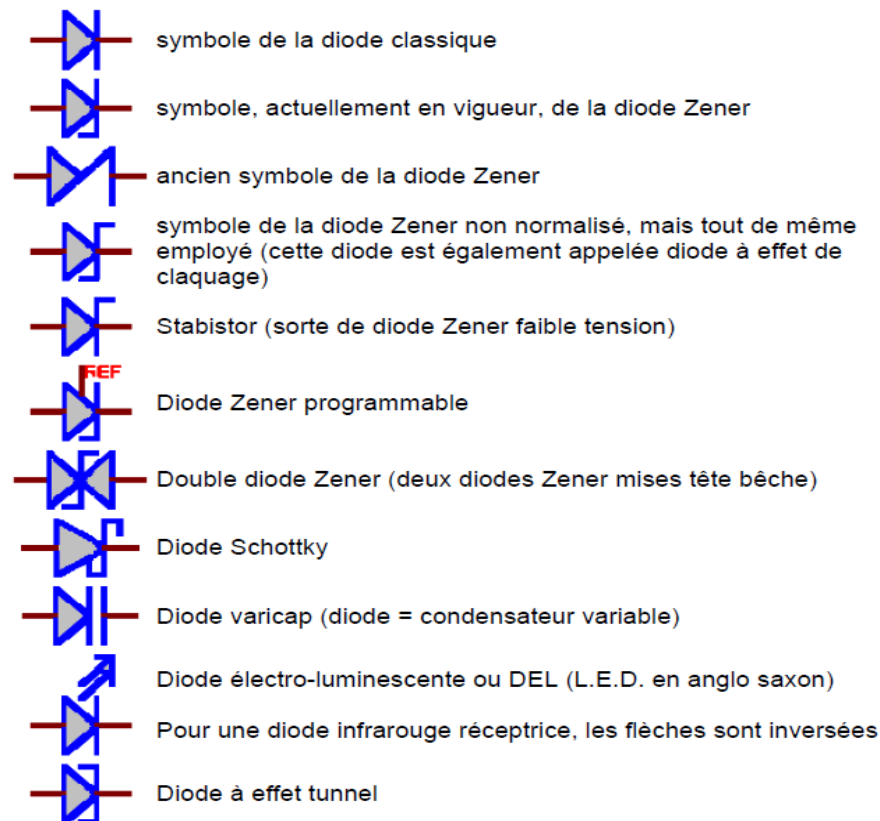
Symbole et schéma d'application



schematic†



Les symboles des différentes diodes

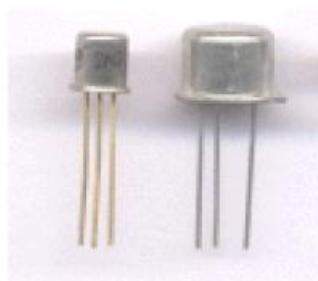


II.7. Transistors.

Les transistors sont des composants semi-conducteurs utilisés :

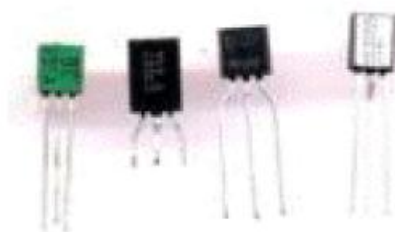
- Soit pour amplifier un signal ;
- soit comme interrupteur.

Boîtiers métalliques



TO18 TO39

Boîtiers plastique

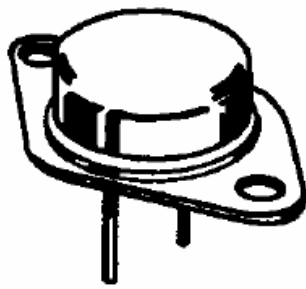


TO92

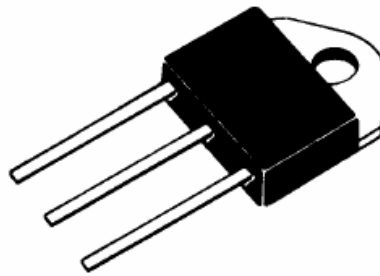


SOT23-3 (WX)

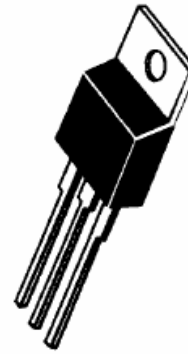
CMS



TO3



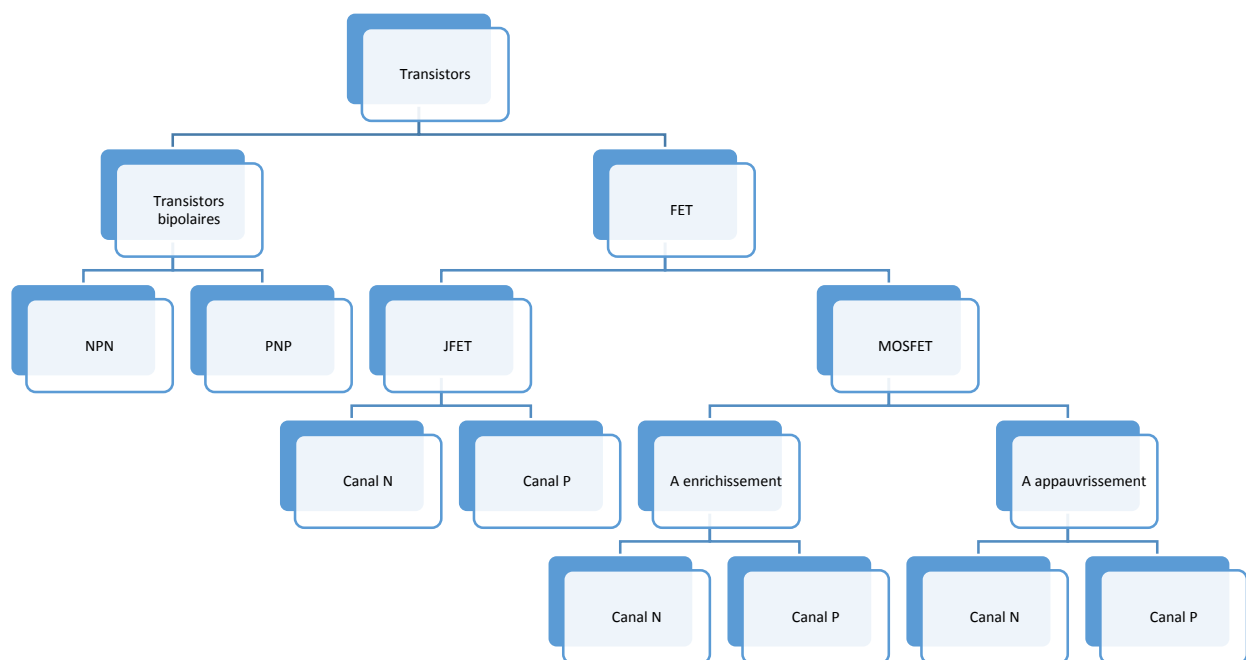
TOP3



TO220AB

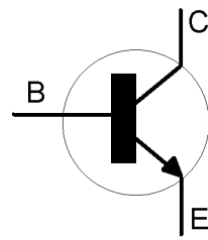
Les transistors peuvent avoir plusieurs formes différentes, les petits sont utilisés pour les faibles signaux alors que les grands sont utilisés pour les signaux de puissance et doivent être montés sur radiateur afin d'éviter leur échauffement.

II.7.1. Familles de transistors.

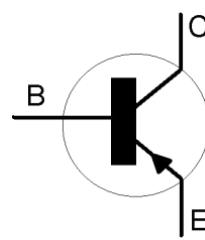


II.7.2. Transistors bipolaires.

Un transistor bipolaire est constitué de deux semi-conducteurs de même type (Emetteur et Collecteur) séparés par un semi-conducteur de type différent (Base).



NPN

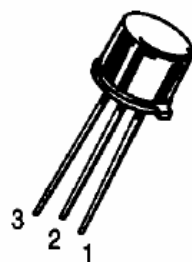


PNP

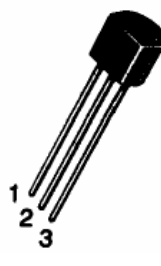
Brochage



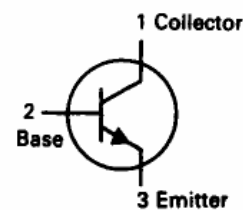
TO18



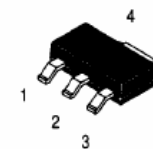
TO39



TO92



SOT23

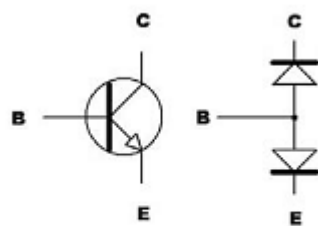


SOT223

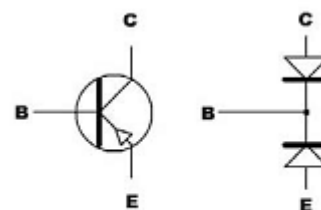
L'ergot marque l'émetteur

Test des transistors.

Pour le test avec un multimètre simple, on peut comparer un transistor ordinaire à deux diodes reliées ensemble.



Transistor NPN



Transistor PNP

Il suffit de positionner un des fils du multimètre sur la base du transistor, et ensuite de mesurer avec les deux autres électrodes (émetteur et collecteur). Si le transistor est du type NPN, le courant va passer quand le fil rouge du multimètre est sur la base, et que le fil noir est en contact avec l'émetteur et ensuite le collecteur. Si le transistor est du type PNP, ce sera l'inverse (fil rouge inversé avec le fil noir). L'émetteur étant plus dopé que le collecteur, il correspond à l'électrode qui affiche la plus grande valeur.

Une dernière mesure entre collecteur et émetteur (dans les deux sens) devra montrer un courant nul dans les deux sens. On peut remarquer une légère fuite entre collecteur et émetteur sur les vieux transistors de puissance au germanium.

Caractéristiques essentielles d'un transistor.

- La puissance de dissipation maximale ;
- La tension V_{CEmax} ;
- Le courant I_{Cmax} ;
- La température maximale de fonctionnement ;
- La fréquence de fonctionnement maximale.

II.7.3. Transistors à effet de champ.

Les transistors à effet de champ TEC (Fiel Effet Transistor FET) existent en deux grandes familles : les transistors à effet de champ à jonction appelés JFET (Junction Fiel Effet Transistor) et les TEC à grille isolée appelés MOSFET (Metal Oxyd Semiconductor Fiel Effet Transistor). En plus de ces deux grandes familles on distingue également le type de canal N ou P selon le dopage de celui-ci. Lorsque le barreau de semi-conducteur est du type N on parlera d'un canal N et canal P dans le cas où le barreau est du type P. Enfin il existe des transistors dits à appauvrissement (ou déplétion) et des transistors à enrichissement (uniquement pour les MOSFET). Cela représente en tout 6 familles de transistors à effet de champ.

Du point de vu test, Il n'y a pas de méthode standard pour tester les TEC. Mais dans la pratique, un TEC se comporte comme une diode entre la Source et le Drain (anode liée à la source) et comme un circuit ouvert entre Grille-Drain et Grille-Source.

a) Cas des JFET.

Sur les transistors à jonction JFET la tension négative sur la grille (pour le type canal N) va, selon sa valeur, diminuer plus ou moins le canal de conduction du TEC. On parlera de **déplétion ou d'appauvrissement**. Donc pour le JFET on ne pourra que diminuer le canal de conduction. Pour le cas des JFET Canal P c'est une tension positive sur la grille qui diminuera le canal.

JFET Canal N



JFET Canal P



b) Cas des MOSFET

Dans le cas des MOSFET on aura également deux types de polarités selon le canal N ou P. La différence par rapport aux JFET est que nous pourrions avoir soit un MOSFET à enrichissement soit un MOSFET à appauvrissement.

1. MOSFET à appauvrissement (ou MOS à restriction)

En l'absence de tension de grille V_{GS} un courant circule entre drain et source, celui-ci n'est limité que par la résistance ohmique du canal. Si par contre la grille est portée à un potentiel négatif par rapport à la source (pour les MOSFET canal N), alors cette tension négative repousse les électrons, il se forme à son voisinage une zone appauvrie en porteurs et les électrons en provenance de la source sont repoussés lorsqu'ils arrivent à hauteur de cette zone. Plus la tension est négative et plus la grille exerce une répulsion sur les électrons. On dit que le canal s'appauvrit et on parle alors de MOSFET à appauvrissement. Pour les MOSFET canal P c'est une tension positive appliquée sur la grille par rapport à la source qui fera rétrécir le canal de conduction.

MOSFET Canal N à appauvrissement



MOSFET Canal P à appauvrissement



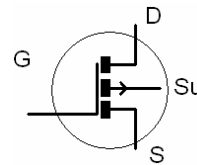
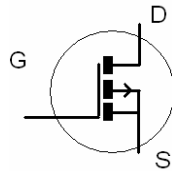
2. MOSFET à enrichissement (ou canal diffusé)

A la grande différence des transistors à jonction vus jusqu'ici, les MOSFET à enrichissement ont un Canal "bloqué" en l'absence de tension de grille, on pourrait même surenchérir en disant qu'il n'y a pas de canal entre drain et source. Pour que le canal se forme il faut alors que la grille soit portée à un potentiel positif par rapport à la source (pour le canal N) afin "d'attirer" les électrons du substrat pour réaliser le canal. Il se forme au voisinage de la grille une densité d'électrons libres qui sont à même de transporter un courant, le canal est formé.

MOSFET Canal N à enrichissement



MOSFET Canal P à enrichissement



II.8. Code d'identification des composants semi-conducteur.

Codage des semi-conducteurs

BC 108 A

Standard Europe

1ere lettre : Semi-conducteur Employé pour la fabrication	2eme lettre : Application du composant	N°de série	Gain
A : Germanium	A : Diode de signal, détectrice, de commutation	- Trois chiffres entre 100 et 999 : composants grand public - Une lettre suivie de 2 chiffres (10 à 99) : application industrielle	1 lettre A : gain faible B : gain médium C : gain élevé Aucune lettre : Gain quelconque
B : Silicium	B : diode Varicap		
C : Arséniure de Gallium	C : transistor BF		
D : Antimoniure d'Indium	D : Transistor de puissance		
R : Autres matériaux	E : diode Tunnel		
	F : transistor HF		
	L : Transistor de puissance pour HF		
	N : Photocoupleur		
	P : Dispositif sensible aux radiations		
	R : triac, diac, thyristor		
	S : transistor pour commutation		
	T : Dispositif à déclenchement par signal lumineux		
	U : Transistor de puissance pour commutation		
	Y : diode de redressement et de puissance		
	Z : diode Zener		

2N 2222 A

Standard USA			
1ere lettre : type de composant	2 eme Lettre : aucune signification	Numéro de série	Gain
1 : Diode	N	Numéro de série entre 100 et 9999	1 lettre A : gain faible B : gain médium C : gain élevé Aucune lettre : Gain quelconque
2 : Transistor			

2SA 1005

Standard Japonais		
2 premières lettres	3 eme Lettre : Pour transistor uniquement si "2S" au début de référence	Numéro de série
2S : Transistors SE : Diodes SF : Thyristors SG : Diode Gunn SH : Unijonction SJ FET / MOSFET canal P SK FET / MOSFET canal N SM : Triacs SQ : Leds SR : Diodes Redressement SS : Diodes de signal ST : Diodes à avalanche SV : Diodes Varicap SZ : Diodes Zener	A : PNP HF B : PNP BF C : NPN HF D : NPN BF	Numéro de série

Code d'identification des diodes

Un code d'identification marqué sur le boîtier va nous permettre selon la référence à distinguer les différentes caractéristiques d'une diode. Ce code permettra entre autre de distinguer le type de matériau utilisé ainsi que l'utilisation de la diode.

1ere lettre : Matériau utilisé	2eme lettre : type de composant	3eme lettre: type industriel
A : Germanium	A : Diode	X, Y, Z sans significations techniques particulières
B : Silicium	B : Diode à capacité variable	
C : Arséniure de gallium	E : Diode Tunnel (ESAKI)	
D : Antimoniure d'indium	Q : Diode électro luminescente	
R : Matériau spécial	X : Diode de multiplication	
	Y : Diode de puissance	
	Z : Diode Zener	

Pour les diodes Zener en général la tension de claquage U_z est indiquée sur le boîtier. Les tolérances employées sont :

A=1%

B=2%

C=5%

D=10%

Exemples

AA 118 : Diode au Germanium

CQY 17 : Diode électro luminescente à l'arséniure de gallium (Type industriel)

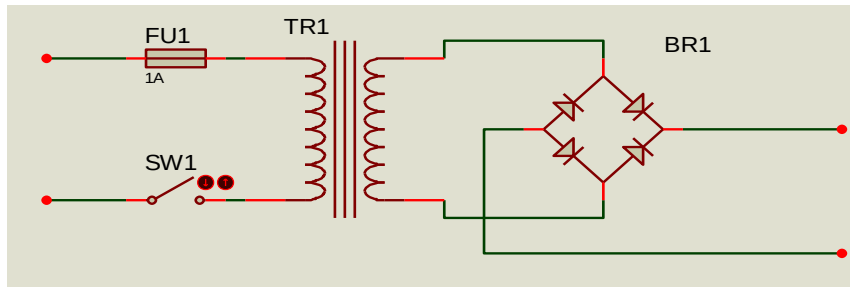
BZY 92/C 9V1 : Diode Zener au silicium de type industriel avec une tension de Zener de 9.1V à $\pm 5\%$

III. MAINTENANCE DES ALIMENTATIONS.

De manière générale, on entend par alimentations électroniques, les montages permettant de fournir des tensions et courants continus (de valeur moyenne non nulle), ou des tensions et courants alternatifs ; à partir de sources d'énergies elles-mêmes continues ou alternatives.

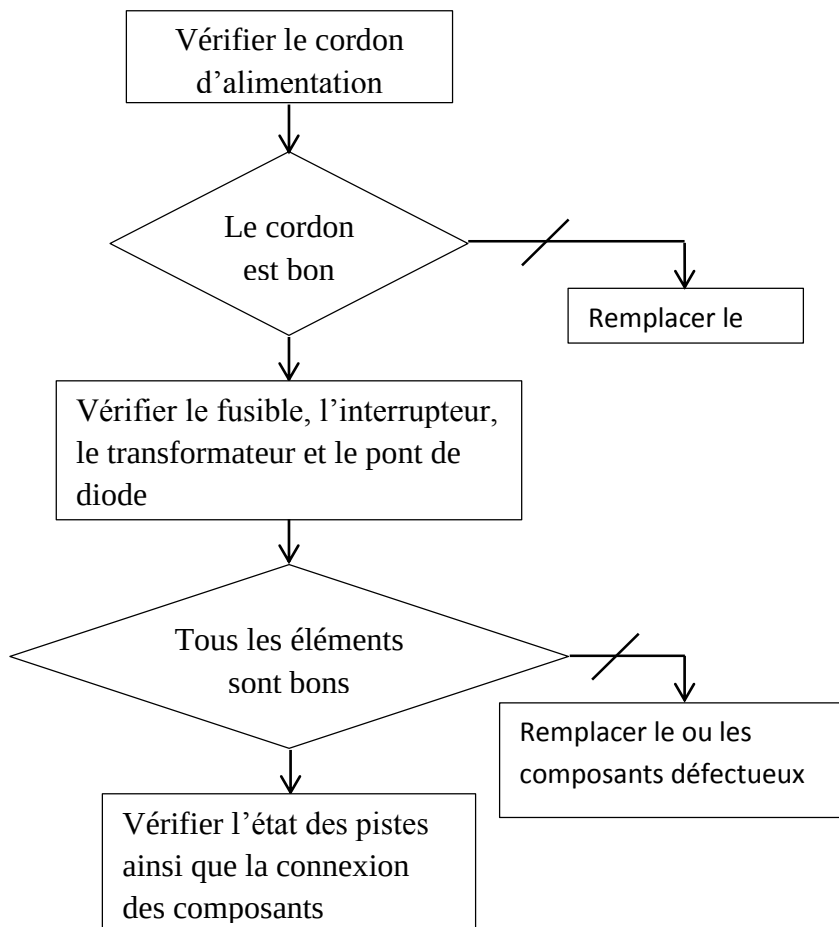
III.1. Alimentation non régulées pour chargeurs de batterie.

➤ Architecture.



➤ **Panne :** L'appareil ne s'allume pas.

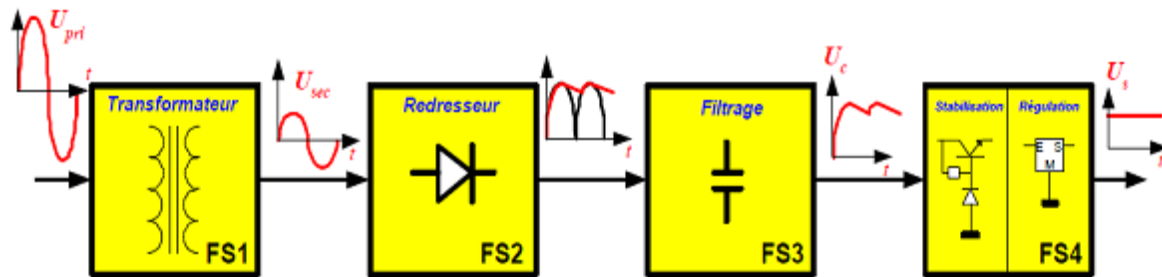
➤ **Analyse de panne.**



III.1. Alimentations régulées pour appareils basse tension.

III.1.1. Alimentation linéaire.

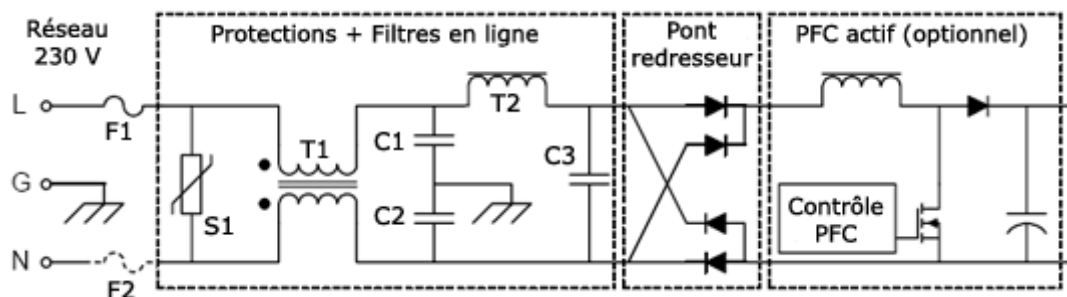
➤ Architecture.

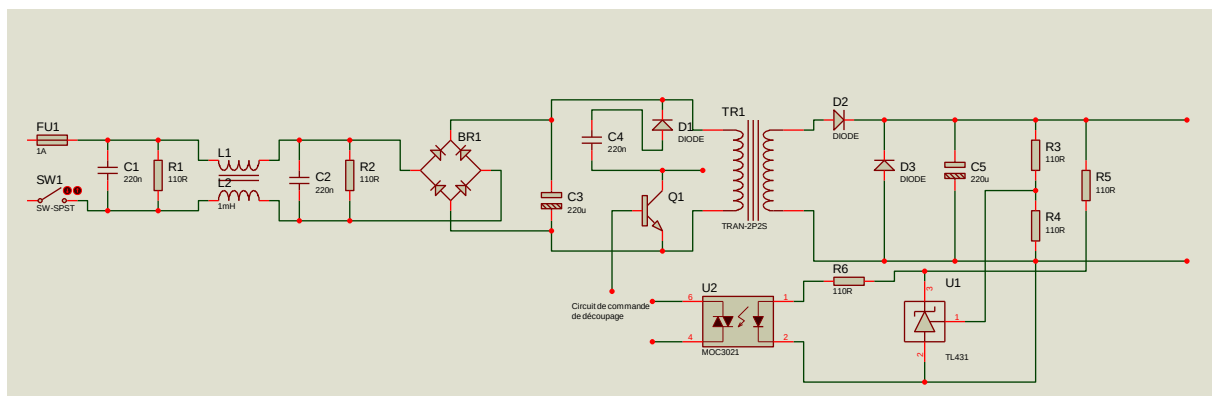
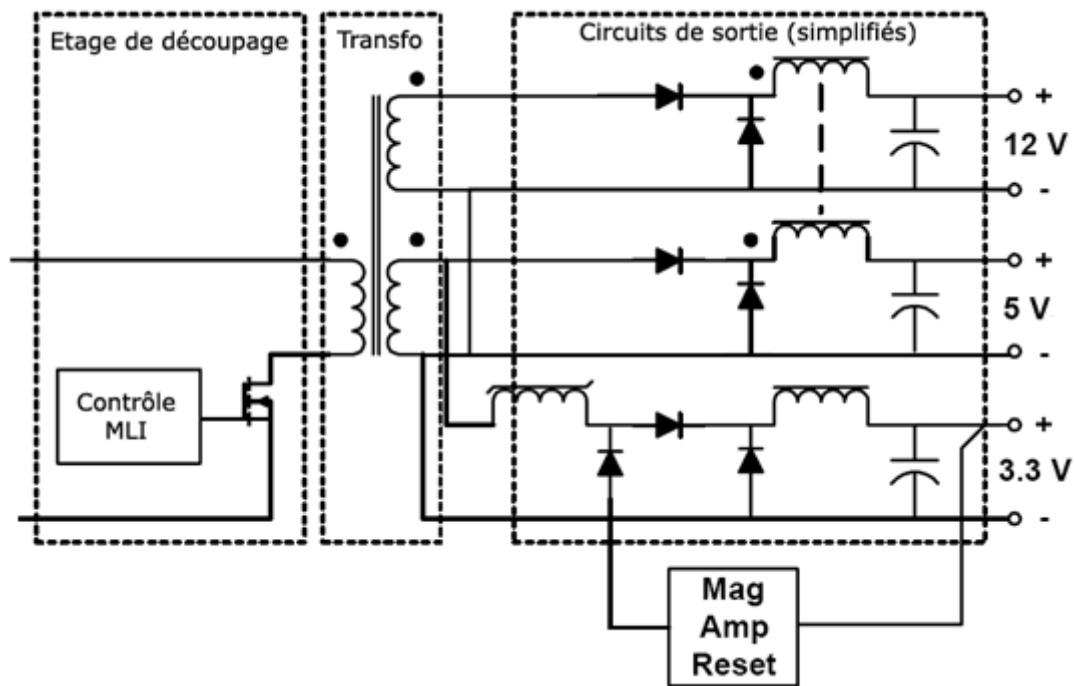


Transformateur	Redresseur	Filtre	Régulateur
<i>Diminue</i> l'amplitude de la tension secteur.	<i>Convertit</i> une tension alternative en une tension unidirectionnelle	<i>Stocke</i> l'énergie de façon à lisser la tension de sortie du redresseur.	<i>Stabilise</i> la tension et le courant de sortie de manière à les rendre CONSTANTS (continus).

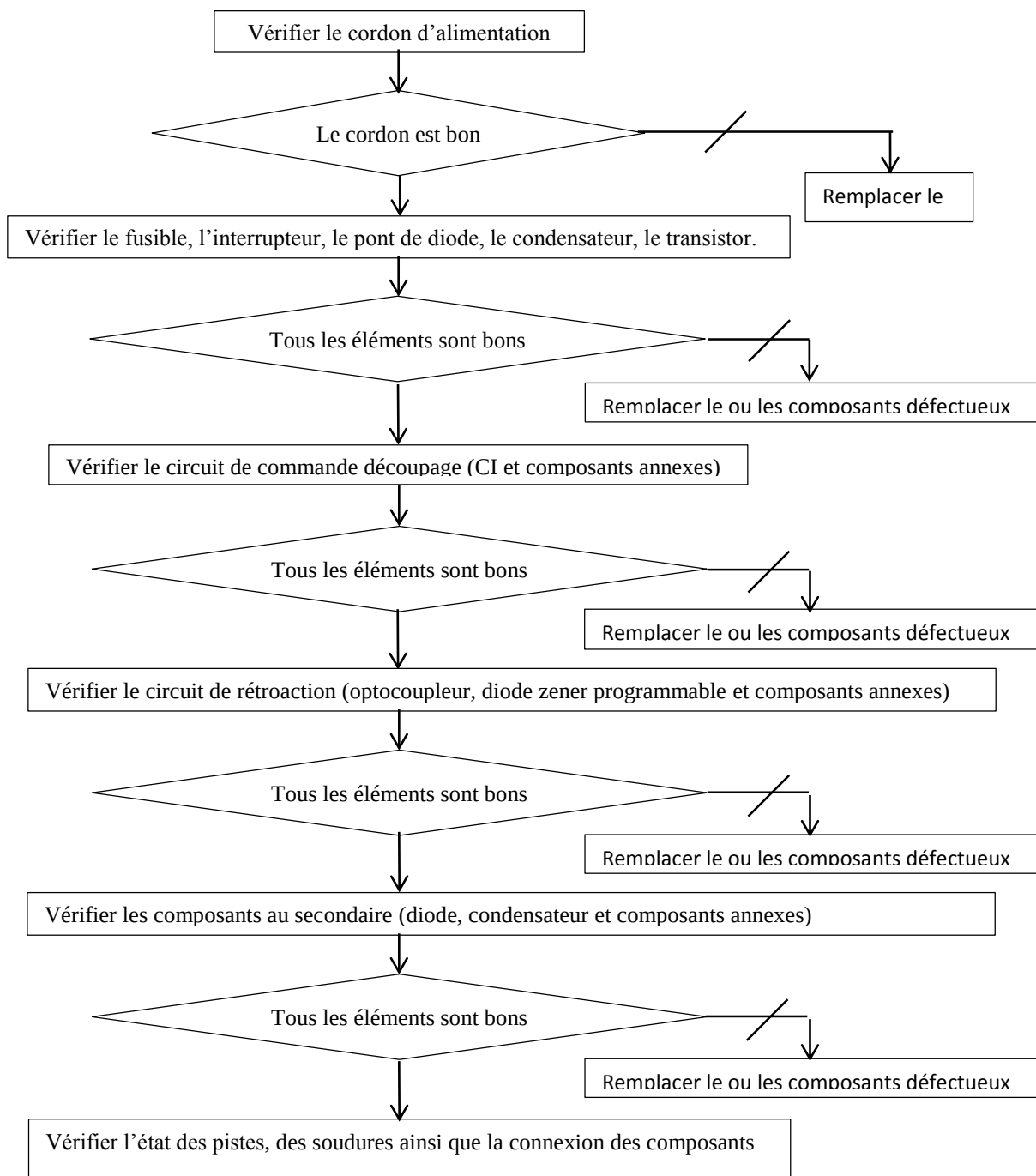
III.1.1. Alimentation à découpage.

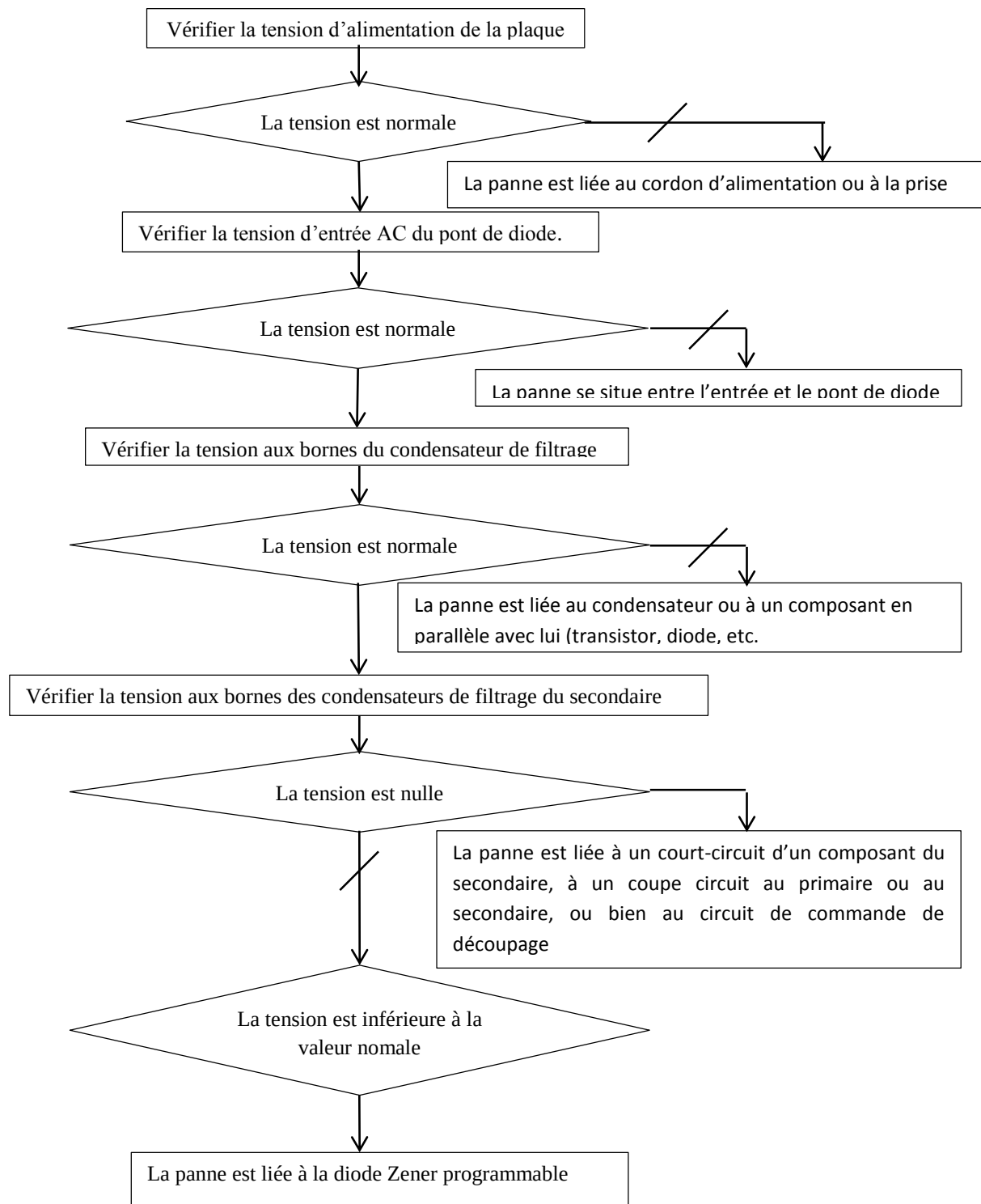
➤ Architecture.





➤ **Panne : L'appareil ne s'allume pas.**

➤ **Analyse de panne (test statique).**

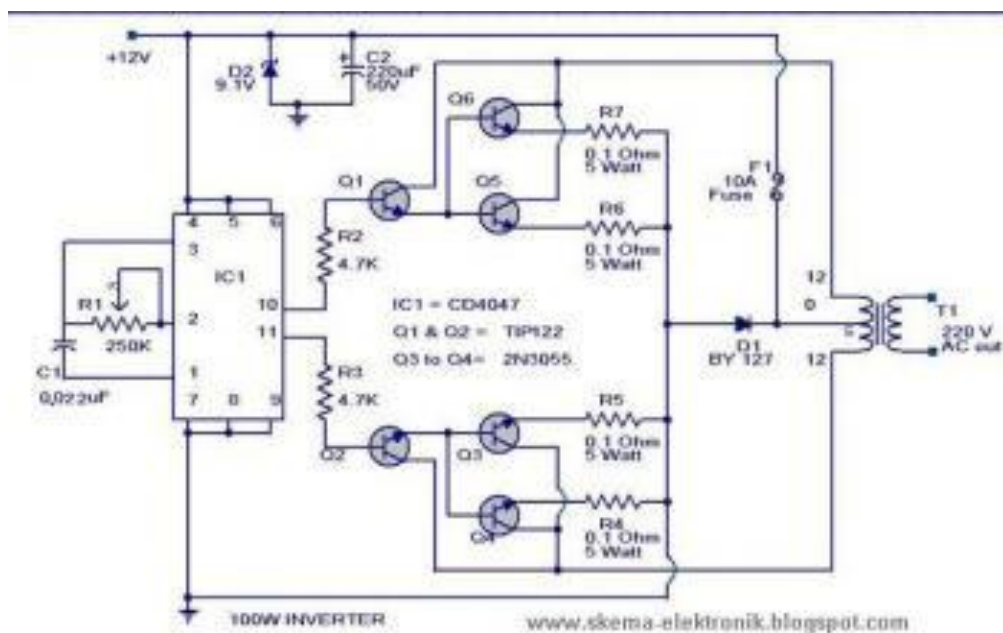
➤ **Analyse de panne (test dynamique).**

IV. MAINTENANCE DES ONDULEURS ET ASI.

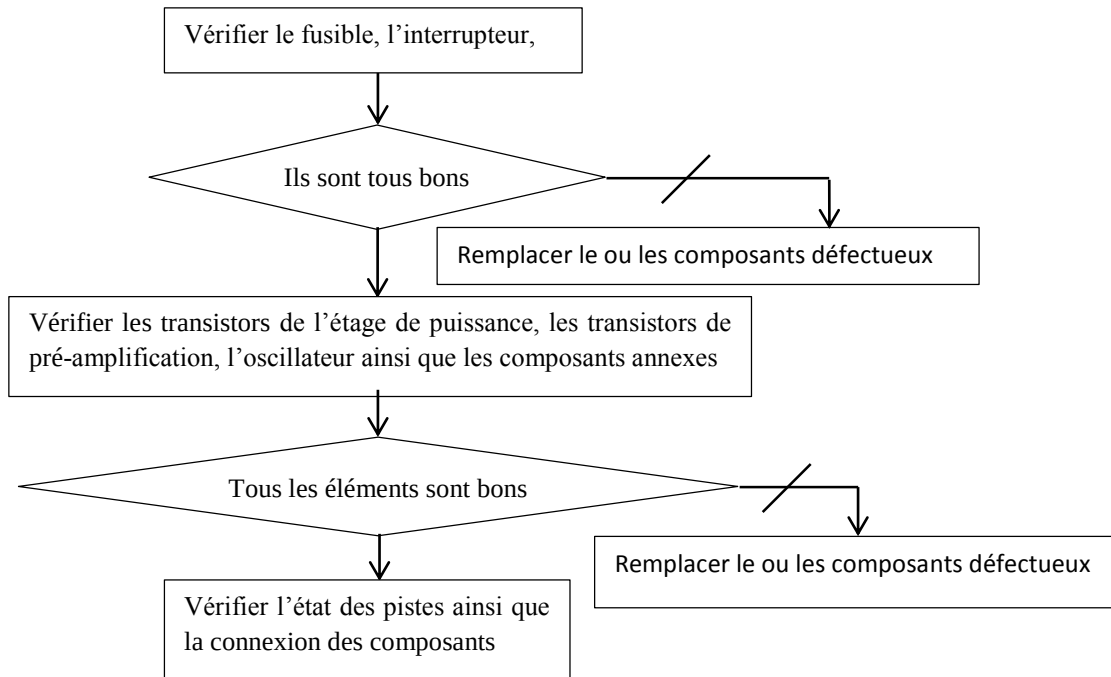
IV.1. Maintenance des onduleurs.

Un onduleur est un appareil électronique qui convertit la tension continue en une tension alternative.

➤ Architecture.



- **Panne 1 :** L'appareil ne s'allume pas ou bien s'allume mais la tension sortie est nulle.
- **Analyse de panne.**



- **Panne 2 :** L'appareil s'allume mais émet un bip sonore continuels puis s'éteint lorsqu'un appareil est branché.
- **Analyse de panne :** La panne est liée soit à une surcharge ou à un composant de sortie qui est légèrement en court-circuit.

IV.1. Maintenance des ASI.

Un ASI (Alimentation Sans Interruption), appelé UPS en anglais (Uninterruptible Power Supply), est un appareil qui comporte un onduleur et un chargeur. Un dispositif électronique incorporé permet de gérer l'alimentation des appareils branchés sur l'ASI. Lorsque la tension secteur est présente, le dispositif connecte les appareils sur la ligne secteur et la batterie sur le chargeur. Lorsque la tension secteur est absente, le dispositif connecte les appareils sur l'onduleur. Cette commutation est assurée par des relais.

➤ Architecture.

L'architecture est celle de la combinaison chargeur-onduleur à laquelle on a associé des relais (commandés par un circuit spécial) pour assurer la commutation entre le secteur et l'onduleur.

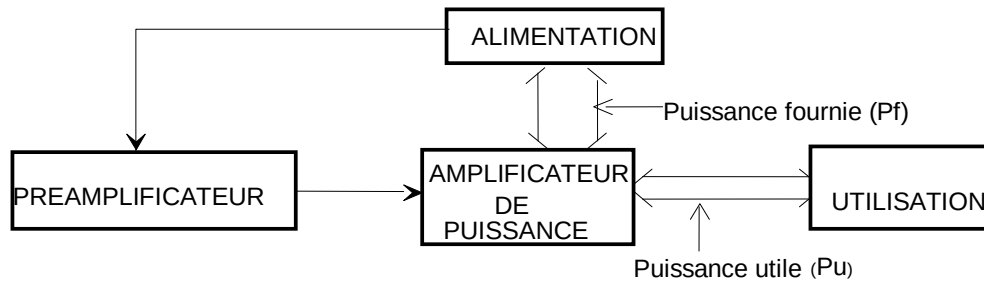
- **Panne 1 :** L'appareil s'allume seulement sur secteur.
- **Analyse de panne :** Vérifier la partie onduleur.

- **Panne 2 :** L'appareil ne charge pas la batterie.
- **Analyse de panne :** Vérifier la partie chargeur.

- **Panne 3 :** L'appareil ne s'allume pas.
- **Analyse de panne :** Vérifier les parties chargeur et onduleur.

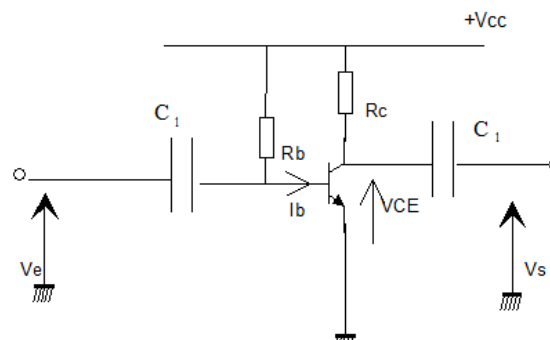
V. MAINTENANCE DES AMPLIFICATEURS.

➤ Architecture.

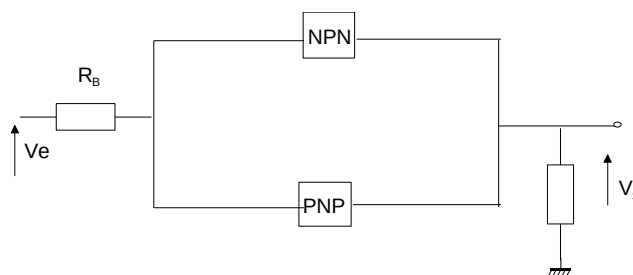


Dans la plupart des cas le préamplificateur est un amplificateur de classe A tandis que l'amplificateur de puissance est de classe B.

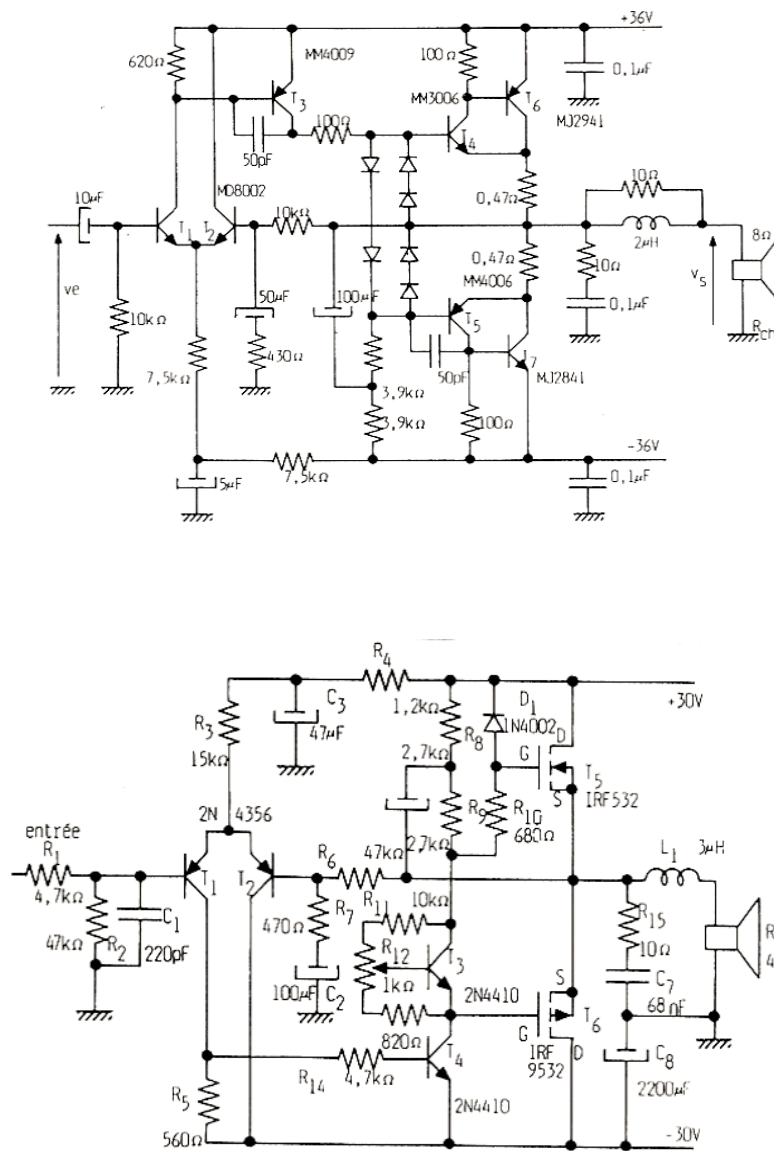
➤ Schéma d'amplification classe A.



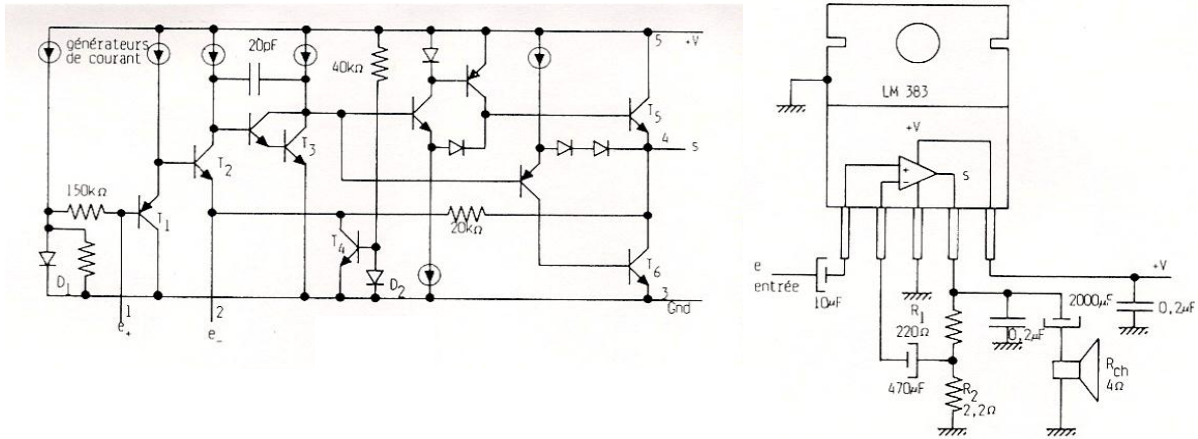
➤ Schéma d'amplification classe B.



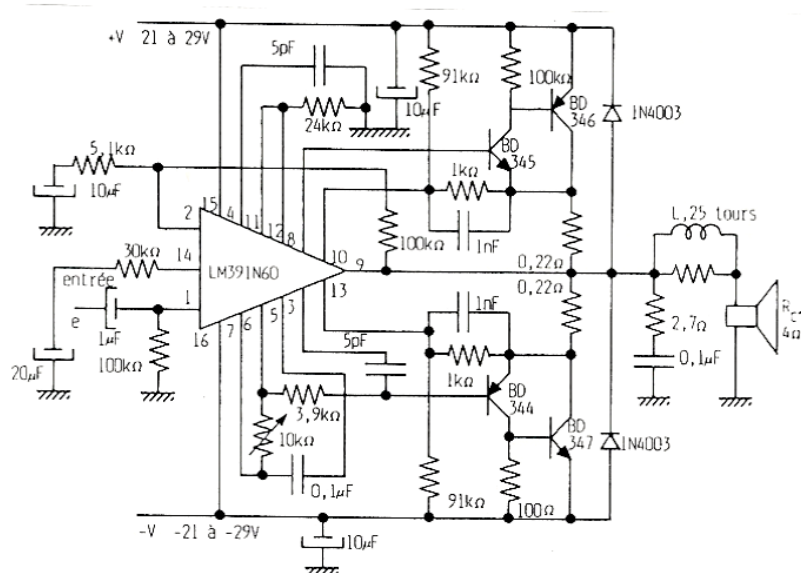
➤ Exemple 1 : Amplificateur à composants discrets.



➤ **Exemple 2 : Amplificateur à CI.**



➤ **Exemple 2 : Amplificateur en technologie hybride.**



- **Panne 1 :** L'appareil ne s'allume pas.
- **Analyse de panne :** Vérifier la partie alimentation.

- **Panne 2 :** L'appareil s'allume mais pas de son.
- **Analyse de panne :** Vérifier les composants de la partie pré-amplification ainsi que ceux de la partie amplification.

VII. MAINTENANCE DES ECRANS LCD ET TELEVISEURS.

1. Ecrans LCD simple.

- **Panne 1** : L'appareil ne s'allume pas.
- **Analyse de panne** : Vérifier la partie alimentation.

- **Panne 2** : L'appareil n'affiche pas.
- **Analyse de panne** : Vérifier l'alimentation de l'écran.

2. Téléviseurs à écran LCD.

- **Panne 1** : L'appareil ne s'allume pas.
- **Analyse de panne** : Vérifier la partie alimentation.

- **Panne 2** : L'appareil n'affiche pas.
- **Analyse de panne** : Vérifier l'alimentation de l'écran.

- **Panne 2** : Pas de son.
- **Analyse de panne** : Vérifier le circuit d'amplification sonore.