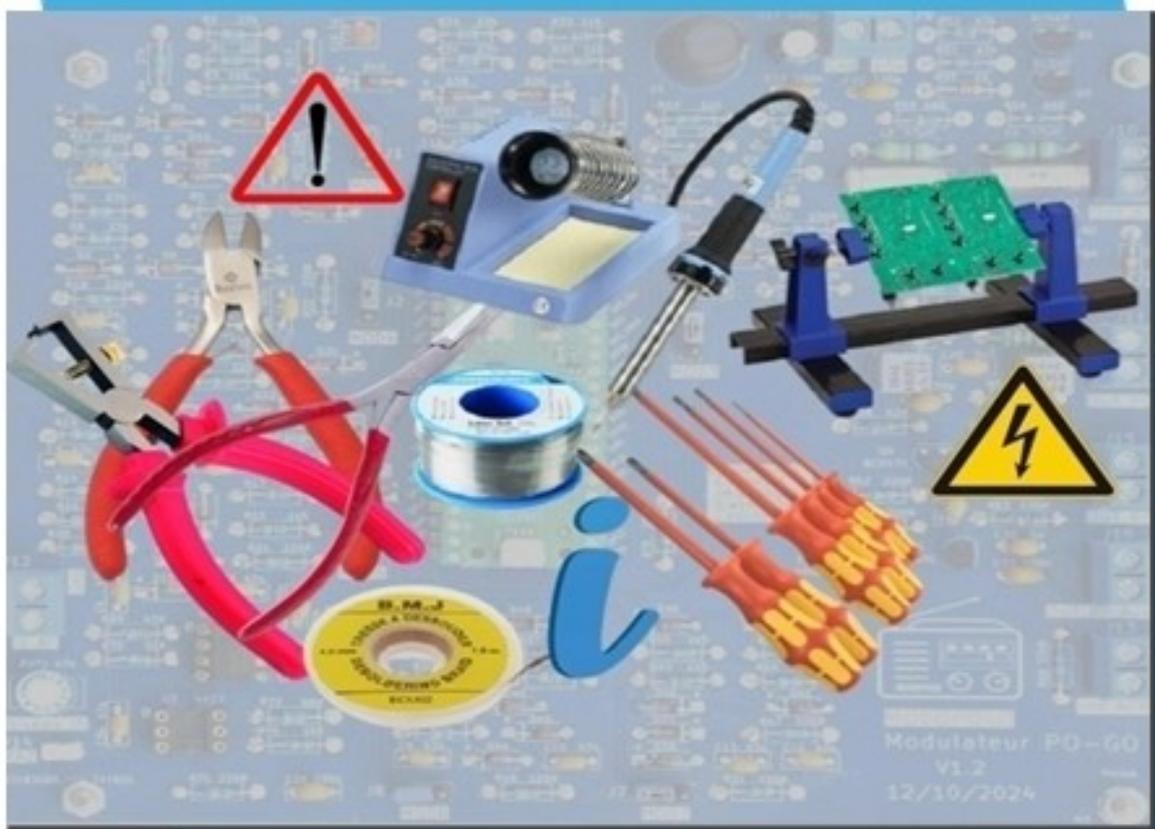


Vade – mecum

- . Sécurité des personnes
- . Sécurité des matériels
- . Outillage
- . Conseils de câblage



Daniel Werbrouck

Janvier 2025



Edito

Vous débutez ?

Depuis des années vous hésitez à prendre le fer à souder pour réaliser ce montage qui vous trotte dans la tête, mais vous ne savez pas vraiment comment vous y prendre ?

Ou bien peut-être avez-vous un peu perdu la main et égaré votre fer à souder ? Pourtant vous aimeriez (enfin !) câbler ce montage dont vous avez tant rêvé durant votre jeunesse ?

Quels que soient l'âge et/ou la motivation, mobiliser son esprit et ses mains pour assembler et câbler ces composants qui vont donner vie à ce récepteur, cet amplificateur, ce détecteur ou tout autre montage, reste un moment de grâce pour qui se passionne pour l'électronique domestique.

Et si on révisait quelques bases ?

Point de mathématiques, point de physique, juste un rappel au bon sens et au minimum vital pour se protéger et ne pas risquer de détruire ce que l'on réalise.

Le bon outil, le bon éclairage, les bons réflexes et quelques astuces d'anciens qui ont beaucoup câblé peuvent déclencher ou réveiller une passion parfois enfouie par les tracasseries du quotidien.

Évadez-vous en toute sécurité en (re)prenant de suite les bonnes habitudes !

C'est exactement ce que nous vous proposons dans cette notice.

Nota : vous pouvez retrouver les liens de fournisseurs possibles des outillages et fournitures conseillés ou illustrés, à la [dernière page](#) de cette notice et sur notre site internet Rétrotechnique.org.



I – COMMENT COMMUNIQUER ?

Les montages proposés par Rétrotechnique.org sont réalisés par des amateurs passionnés venus d’horizons parfois fort différents.

Pour que tous se comprennent et transmettent au mieux ses connaissances, nous avons adopté un modèle de rédaction pour nos notices en privilégiant deux axes : la **simplicité** et le **visuel**.

Nos informations sont parfois accompagnées de symboles afin d’attirer votre attention sur un point sensible ou dangereux ou vous faire part tout simplement d’un conseil, d’une astuce.

En voici l’inventaire :



SÉCURITÉ – DANGER POUR LA PERSONNE !

Il est **impératif** de suivre les consignes.

Le non-respect des indications peut provoquer un accident grave voire mortel pour la personne concernée.



DANGER !

Lire et suivre attentivement la consigne.

Le non-respect des indications entraîne soit une destruction d’un ou plusieurs composants ou la détérioration partielle des circuits imprimés ou de certains composants externes.



INFORMATION

Il s’agit de proposer un complément aux indications du chapitre en cours ; soit pour expliquer les raisons d’un choix ou d’une méthode, soit pour expliquer le principe mis en œuvre, soit encore pour compléter une action au travers d’une astuce issue de l’expérience des auteurs.

Cette rubrique est toujours présentée en caractères italiques.

D’autres types de conventions sont présents dans les notices :

LIENS HYPERTEXTE

Il est possible de naviguer plus facilement au sein d’une notice grâce à la technique du lien hypertexte (uniquement sur la version électronique, cela va de soi...).

Lorsqu’un même sujet est abordé à plusieurs moments d’un câblage, plutôt que de répéter le texte et/ou l’illustration, nous mentionnons le chapitre où se trouve l’information initiale via un lien hypertexte reconnaissable aux caractères [bleus et soulignés](#).

Il suffit alors de passer la souris sur ces mots ; en appuyant sur la touche **Ctrl** du clavier, le symbole représentant une main (ou du texte) doit alors apparaître. Lorsque c’est le cas, l’appui sur le clic gauche de la souris transportera le lecteur au chapitre concerné.

Exemple : [COMMENT COMMUNIQUER ?](#)



II – VOTRE SÉCURITÉ

Expliquons ici, le plus simplement possible, les règles à appliquer pour limiter au maximum les risques d'électrocution et de destruction matérielle qui sont quasiment toujours imputables à une erreur de manipulation ou à une certaine précipitation.

Votre sécurité : c'est LE point essentiel !

Électricité = Danger.

Les montages (plus particulièrement ceux à lampes) fonctionnent parfois sous des tensions élevées. Les tensions continues utilisées (de quelques volts à plusieurs centaines de volts) sont dangereuses. La tension d'anode d'un tube électronique de puissance peut même atteindre des valeurs largement supérieures à la tension d'alimentation, dans le cas de montages audio avec un transformateur de sortie adaptateur d'impédance pour le haut-parleur.



Pour rappel, avec une tension continue on ne se crispe pas sur l'objet électrisé ; mais si on y ajoute de l'alternatif en dessous de 100 Hz on constate une paralysie/crispation des muscles sur l'objet électrocutant, pouvant aller jusqu'à la fracture des os et/ou la rupture des ligaments provoquée par l'effort musculaire. Par ailleurs, le risque d'arrêt cardiaque n'est pas neutre.

Le danger est donc bien réel...

Il est **indispensable** d'appliquer les **règles de sécurité suivantes** :

A / Protection générale

- ☞ Assurez-vous que l'installation électrique de votre atelier ou de votre logement est bien équipée d'un interrupteur différentiel (d'une intensité maximale de 30 mA) et testez-le régulièrement via le bouton poussoir prévu à cet effet,
- ☞ Contrôlez que le fusible de protection secteur de l'alimentation de votre montage en cours de mise au point est correctement calibré (voir sa valeur en nomenclature),
- ☞ Vérifiez que le châssis du montage, s'il est métallique, est bien relié à la terre via la prise secteur.



B / Protection de la personne

- ☞ Vérifiez que vos chaussures vous isolent correctement du sol,
- ☞ Privilégiez l'usage d'une chaise ou d'un fauteuil en plastique (mobilier de jardin),
- ☞ Augmentez la sûreté en utilisant des gants de chirurgien en latex,
- ☞ Éclairez correctement votre plan de travail,
- ☞ Faites place nette sur votre plan de travail : pas d'outils, ni de pièces détachées à proximité du montage en cours de mise au point,
- ☞ Ne placez pas le montage en cours sur une surface métallique,
- ☞ Connectez vos appareils de contrôle sur le montage en cours de mise au point **avant** sa mise sous tension et **après** avoir respecté toutes les règles de sécurité,





Rétrotechnique

SÉCURITE DES PERSONNES ET DES MATÉRIELS, OUTILLAGE, CONSEILS DE CÂBLAGE

DWK-2025-01 – v1.1

- ☞ Ne mettez jamais les deux mains en même temps à l'intérieur d'un montage susceptible de contenir des tensions élevées (réflexe : mettre une main dans le dos ou bien dans sa poche),
- ☞ Utilisez des tournevis de réglage à manche isolé au moins sous 1 000 V,
- ☞ Lorsque vous vous apprêtez à travailler sur l'appareil (soudures, mécanique), assurez-vous que la fiche secteur est bien débranchée puis, à l'aide du multimètre en position voltmètre DC, vérifiez que le ou les condensateurs de filtrage des alimentations (Haute Tension) sont bien déchargés.

DANGER bien réel : la décharge de la haute tension d'un condensateur peut vous foudroyer !

Un condensateur de tête de filtrage d'un module d'alimentation d'un amplificateur de puissance AF, par exemple, emmagasine environ 30 joules. Par comparaison, les meilleures clôtures électriques fournissent une décharge de 0,03 joule (1 000 fois moins...).

Si ce condensateur est encore chargé, une fois le cordon secteur débranché, procédez à sa décharge, à l'aide du petit montage proposé au chapitre « [Annexes](#) » de cette notice (page 23), puis contrôlez ensuite, toujours à l'aide d'un multimètre, que la tension résiduelle est inférieure à quelques volts.



C'est seulement lorsque ces actions sont effectuées qu'il devient possible de travailler en toute sécurité sur votre montage.

Fer à souder : **attention** aux brûlures !

L'auteur de ces lignes en témoigne : la précipitation imputable à l'envie d'aller plus vite pour profiter des résultats du montage en cours n'est pas bonne conseillère.



« Un peu honteux mais honnêtement, je reconnais qu'il m'est arrivé d'attraper le fer à souder par le corps chauffant parce que mes yeux étaient rivés sur un composant qui ne voulait pas tenir correctement en place et que je maintenais avec l'autre main...

À un autre moment j'ai secoué un peu fort la panne du fer à souder pour évacuer un trop plein de soudure et, sans doute par le plus grand des hasards (mais probablement assisté par le sieur Murphy et sa satanée loi), elle a atterri, encore bien liquide, sur le dessus de ma main ! ».

Moralité : on s'oblige à suivre du regard tous les gestes liés au fer à souder et, témoignages des anciens obligent, on s'assure que l'on possède à portée de main ou dans la pharmacie de la maison, un tube de *Biafine*, la pommade miracle adoptée par tous les cuisiniers du monde pour atténuer la douleur et limiter les dégâts d'une brûlure superficielle...



Électricité électrostatique = **Danger** pour certains composants.



Certaines technologies mises en œuvre au sein de modules câblés, de sous-ensembles manufacturés ou de circuits intégrés voire de certains types de transistors font appel à des composants ou matériaux très sensibles aux décharges électrostatiques (ESD, pour *ElectroStatic Discharge*).

L'ESD désigne une décharge soudaine d'électricité entre deux objets chargés d'électricité. Le transfert des électrons d'une surface à l'autre peut avoir lieu lorsqu'on marche sur un certain matériau ou qu'il y a glissement, frottement ou séparation de matériaux.



Le contact des doigts avec les soudures des circuits imprimés, avec les broches des connecteurs de raccordement ou avec des composants disposés sur ce genre de module peut provoquer une décharge aux conséquences bien souvent irréversibles.

Pour se protéger à minima, utiliser si possible un tapis ESD ou au moins un bracelet antistatique relié à la prise de terre de l'installation électrique.

On trouve aisément ce genre de bracelet sur la plupart des sites de vente en ligne, pour un prix variant de 4 € à 12 €, en fonction des modèles. La figure 01 ci-contre montre un exemplaire à moins de 6 €.

Cette petite coquetterie peut sauver bien des composants !



Figure 01



III – UN OUTILLAGE ADAPTÉ

Un bon ouvrier doit posséder de bons outils pour réaliser un bon travail...

Cet adage se vérifie aussi parfaitement dans le câblage électronique !

Le placement des composants sur un circuit imprimé, le soudage de ceux-ci, la coupe des queues restantes, le *dénudage* correct d'un fil de câblage, toutes ces opérations requièrent de bons outils pour assister l'opérateur.

Et au-delà de réaliser des opérations précises, un bon outil aide à obtenir une excellente présentation finale du montage.

Faisons le tour de l'atelier...

Certes, la nature de l'outillage diffère quelque peu en fonction du style de câblage que l'on entreprend : la pince coupante destinée à couper les queues de résistance 1/8 W au ras des soudures d'un circuit imprimé ne sera pas du même modèle que celle utilisée pour sectionner un gros câble électrique !

Il est malgré tout possible d'effectuer un inventaire de l'essentiel de l'outillage commun à tous types de travaux d'amateurs tout en précisant les spécificités.

Le fer à souder

Pièce maîtresse du câbleur, il a l'embarras du choix au sein des vitrines des boutiques spécialisées !

Pour un travail courant et peu régulier, plus particulièrement pour les câblages de composants et fils sur des barrettes relais ou des supports de tubes électroniques, un fer à souder traditionnel avec une panne à bout plat suffit pour exécuter un travail propre et fiable.



En figure 02, un exemple de fer à souder de base, possédant tout de même un réglage de la température de 200 à 480 °C et un jeu de 5 pannes aux formes différentes.

D'une puissance de 60 W, ce fer est bien adapté à tout type de câblage électronique, pour un usage sporadique.

Budget : à partir de 12 €.



Le câbleur impénitent ou l'amateur s'étant résolument tourné vers les montages réalisés sur circuits imprimés préférera un fer à souder plus fin, plus léger et disposant d'un support de repos.

Ces modèles à régulation électronique de la température et au chauffage ultra rapide sont couramment nommés « stations de soudage ».

La figure 03 montre l'exemple d'une station de puissance 65 W, avec une température ajustable et stabilisée ($\pm 3^\circ$) de 200 à 480 °C, une protection ESD, un réservoir dissocié du transformateur et plusieurs modèles de pointes.

Budget : à partir de 50 €.



Figure 03

Un bon fer à souder ne s'épanouit sur son ouvrage qu'à travers d'une soudure de qualité...



Figure 04

De préférence, mieux vaut privilégier un faible diamètre du fil à souder (0,6 mm est un bon compromis) et veiller à ce que l'âme du fil soit constituée d'un filet de colophane qui nettoie les surfaces à souder et joue le rôle d'antioxydant.

Figure 4, exemple d'un rouleau de 100 g ; composé d'étain, d'argent et de cuivre avec un cœur en colophane, ce fil à souder convient parfaitement pour des soudures précises et brillantes.

Budget : entre 20 et 25 €.

Mais lorsqu'on soude par erreur un composant au mauvais endroit sur le circuit... dessouder n'est pas toujours chose aisée :

Deux actions s'imposent :

1 - La pompe à dessouder pour ôter le plus gros de la soudure autour de la connexion à dessouder.

Figure 05 : un [modèle standard](#)

Budget : entre 15 et 20 €.



Figure 05

2 - La tresse à dessouder, pour nettoyer et bien dégager la pastille du circuit imprimé, sans l'arracher. Choisir de préférence une petite largeur (3 à 4 mm).

Figure 06 : tresse de largeur 3 mm, longueur 1,5 m.

Budget : entre 3 et 5 €.



Figure 06



La pince coupante

Seconde pièce maîtresse indispensable au câbleur, il faut choisir la bonne pour le bon usage.

Pour le câblage sur barrettes relais et le tout-venant comme la coupure de petits câbles de tresses de masse ou de petites pièces en plastique, choisir une pince assez robuste, qui tienne bien en main et qui ne s'éémousse pas après deux coupes...



Le modèle de la figure 7, fabriqué en acier inoxydable avec les poignées recouvertes de plastique moulé, dispose d'une envergure de 160 mm et d'une coupe latérale capable de sectionner une épaisseur jusqu'à 1,2 mm.

Budget : environ 10 €.

Le travail de coupe des queues de composants au ras de la face « soudure » d'un circuit imprimé, réclame une précision plus grande et une attention plus soutenue afin de réaliser un travail propre sans laisser dépasser de matière peu esthétique mais non plus sans entamer la soudure !

Si le budget le permet, investir dans une excellente pince dont la coupe sera nette, précise et sans effort.

Figure 8, une pince coupante de précision avec un cisaillement à micro décalage contrôlé de l'arête de coupe, pour une coupe ultra précise même avec les fils très fins.

Idéal pour le câblage de composants sur circuit imprimé.

Budget : environ 30 €.



La pince plate



Que ce soit pour câbler un composants entre deux cosses d'une barrette relais ou implanter ce même composant sur un circuit imprimé, il est préférable et d'usage de le mettre en forme, afin de plier les pattes de ce composant suivant l'angle souhaité. On obtient alors une insertion plus facile, donc un câblage sans difficulté ; par ailleurs le résultat esthétique est autrement plus agréable !

Choisir une pince plate aux becs fins, mieux adaptée aux composants de petites tailles.

Budget : environ 10 €.



La pince à dénuder

Cet outil complémentaire s'avère fort utile si le câblage comprend de nombreuses liaisons filaires au sein d'un châssis, par exemple.

Les férus du circuit imprimé pourront sans doute s'en passer !

De nombreux types de pinces à dénuder sont disponibles sur le marché.

Avec l'expérience et compte tenu de la nature des fils et câbles pratiqués dans l'électronique amateur, nous préférons un modèle ayant largement fait ses preuves depuis des décennies, qui a de plus l'avantage de traiter avec précision et de façon automatique, plusieurs jagues de fils.

Ainsi le modèle de la figure 10 ci-contre traite les fils et câbles de jauge comprise entre 8 et 22 AWG (soit 0,65 mm à 3,26 mm de diamètre).

Budget : environ 30 €.



Quelques accessoires bien pratiques pour les montages sur circuit imprimé.

Le support de PCB

Nous n'avons que deux mains !

Dans les opérations de câblage, une troisième main serait pourtant la bienvenue !

À défaut il existe des outils de maintien adaptables à quasiment toutes les dimensions de circuit imprimé ou PCB pour *Printed Circuit Board*.

Très pratique, ce genre d'outil maintient le PCB dans la position et l'inclinaison souhaitées. Cela permet d'effectuer des soudures propres sans avoir à jouer les équilibristes pour maintenir circuit et composant, et risquer de se bruler et de s'apercevoir qu'au final le composant n'est plus correctement bien placé !

La figure 11 ci-contre propose un support simple et efficace acceptant des circuits imprimés d'une largeur de 25 cm au maximum.

Budget : environ 15 €.





Le gabarit de pliage de composants

Le gabarit de pliage est un outil plus pratique et plus rapide que la pince plate, lorsque de nombreux composants d'un même type sont à implanter sur un circuit imprimé.

Exemple : le cas des résistances. Si elles ont la même puissance, elles ont le même empattement et généralement c'est un composant que l'on retrouve en nombre sur un montage électronique.

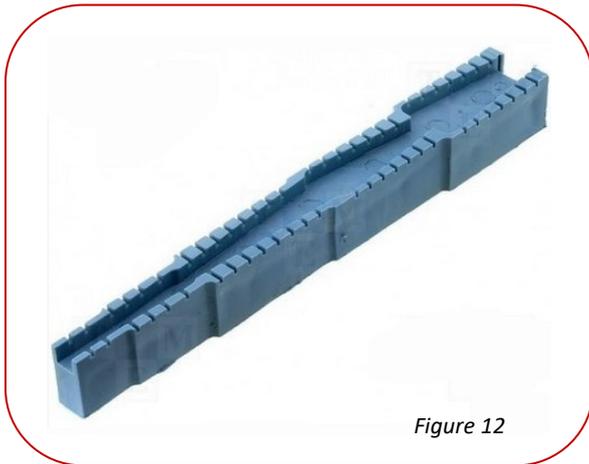


Figure 12

Avec le gabarit, il suffit de repérer les dimensions de l'entraxe nécessaire sur le PCB, puis de glisser le composant sur la bonne jauge du gabarit avant d'en plier chacune des pattes à 90° sans se poser davantage de questions !

L'insertion sur le PCB est réussie à tous les coups, avec davantage de précision qu'au travers un pliage via une pince plate.

La figure 12 ci-contre montre un type de gabarit standard.

Budget : environ 5 €.

Le tapis antistatique

Le câblage de circuits imprimés impose souvent l'emploi d composants susceptibles aux décharges électrostatiques. Au-delà du [bracelet de protection](#), il peut être utile d'adjoindre un plan de travail parfaitement neutre et relié à la terre.

En plus des vertus de protection électrostatiques, le tapis de la figure 13 ci-contre propose un agencement pour poser outillage et composants, ce qui évite de se disperser hors de la zone de confort.

Budget : environ 20 €.

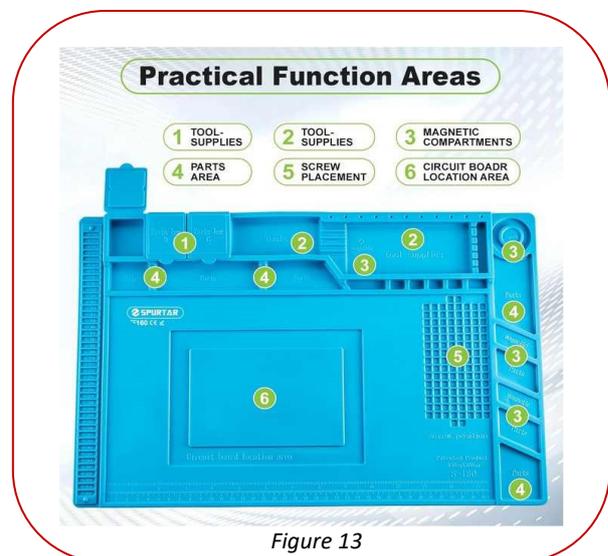


Figure 13

Et aussi...

Un bon éclairage du plan de travail, une loupe au grossissement X 3 pour détecter les soudures douteuses, et quelques outils de mécanique, comme un jeu de tournevis (mais isolés au moins à 1 000 V), quelques petites clés plates, notamment une de 5,5 qui correspond habituellement aux écrous de la visserie M3.



III – QUELQUES CONSEILS DE CÂBLAGE

Être confortablement installé et surveiller ses soudures

Si le câblage de composants ou fils de liaison sur des barrettes relais reste assez simple à réaliser, compte tenu de l'espace généralement disponible pour placer le fer à souder, la technique de soudage sur des circuits imprimés apparaît plus délicate de par la proximité des pastilles à souder et de leur relative fragilité.

C'est donc sur le câblage des PCB que notre attention doit redoubler.

Les circuits imprimés fabriqués aujourd'hui sont généralement de qualité professionnelle et bénéficient de trous métallisés.

Cela signifie qu'il y a une métallisation à l'intérieur de chaque trou et donc une liaison électrique assurée entre chacune des couches de cuivre du circuit.

La plupart des circuits que nous proposons dans nos montages et kits comportent deux couches : une inférieure (côté soudure) et l'autre supérieure (côté composants).

Lorsqu'on soude un composant, généralement par la face inférieure du circuit imprimé que l'on a retourné pour davantage de commodité, la soudure fondue passe de la face inférieure vers la face supérieure par le phénomène de la capillarité.

Créer un environnement favorable

Être bien assis, bénéficier d'un éclairage uniforme mais non aveuglant, disposer de bons outils, et une bonne part du chemin menant à la réussite est déjà parcourue.

1 - Disposer la famille de composants en cours de câblage dans une boîte, pour éviter de les égarer.

2 - Placer le composant à souder à son emplacement attribué sur le circuit imprimé. Contrôler minutieusement qu'il est bien à sa place et dans le bon sens.

3 - Une fois le composant à souder inséré dans le circuit imprimé, retourner ce dernier sur la mousse : les composants seront parfaitement maintenus en pression sur le circuit. Il n'y a plus qu'à le souder. Pour certains composants il est possible de souder directement côté composants, puisque les trous sont métallisés. Contrôler que chaque soudure est correctement réalisée, au travers d'un examen visuel attentif.

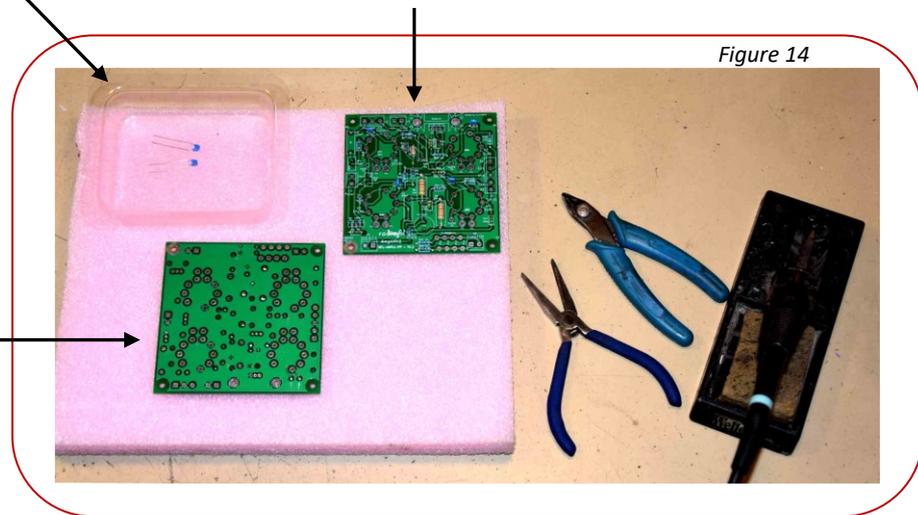


Figure 14

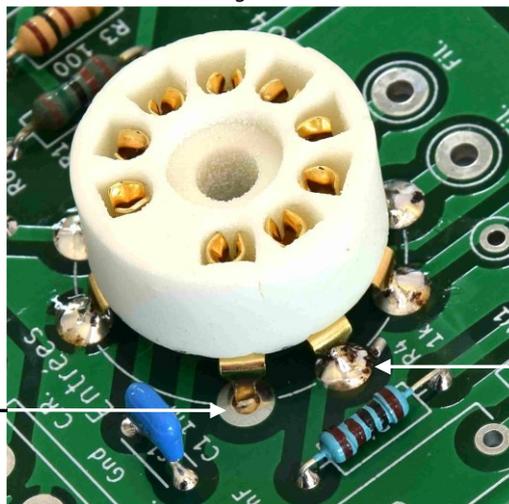


Pour ceux qui ne disposent pas d'une « troisième main » au travers d'un outil de maintien du circuit imprimé, il est possible d'utiliser une mousse résistante à la chaleur ou un polystyrène récupéré dans un emballage, par exemple (figure 14).

Réaliser une soudure parfaite

- ✓ Les pièces en contact doivent être décapées ; c'est pourquoi la soudure contient dans son âme un décapant (colophane) qui agit au moment de la fonte de la soudure.
- ✓ Pour que ce décapant agisse convenablement on ne doit pas faire fondre la soudure sur la panne du fer mais, avec cette panne, faire chauffer les pièces en contact (fil/cosse & pastille du circuit imprimé) et la soudure doit fondre sur l'ensemble de ces pièces.
Faire fondre la soudure sur la panne est une ânerie ! On décape alors la panne (usure rapide d'une panne coûteuse) et les pièces à souder ne sont pas décapées !
- ✓ Le décapant contenu dans la soudure est éliminé par évaporation : il faut donc laisser agir suffisamment longtemps la panne sur la soudure. Mais attention aux vapeurs (fumées) qui sont dangereuses : ne pas les respirer, donc ne pas mettre son nez directement au-dessus de la partie à souder.
- ✓ Il ne doit pas rester de résidu de décapant sur la soudure terminée. Dans le cas contraire, il va continuer à agir lentement et la soudure sera détruite en quelques années.
- ✓ Lorsque le circuit imprimé est entièrement câblé et contrôlé, il faut éliminer ces résidus de décapants en brossant les soudures à l'aide d'une brosse à dents imbibée d'alcool à brûler et s'assurer que chaque soudure est bien brillante, cet aspect indiquant que l'opération est réussie.

Figure 15



Mauvaise soudure :

On aperçoit la soudure au centre de la pastille mais elle n'est pas passée de la face inférieure vers la face supérieure. La connexion n'est donc pas fiable.

Bonne soudure :

Elle est bien « remontée » par capillarité, via le trou métallisé, jusqu'à la couche supérieure du circuit imprimé. Elle est brillante et uniforme.

Figure 15 – Exemple sur un culot support de tube électronique : à gauche, une soudure incomplète, à droite, une soudure réussie.



Avant de poser le fer à souder sur la pastille du circuit imprimé...

Vérifiez plutôt deux fois qu'une qu'il s'agit bien du bon...

Rien ne ressemble davantage à une résistance 1/8 ou 1/4 W qu'une autre résistance de même type, mais de valeur différente... Les bagues de couleur sont minuscules et il est très simple de se faire piéger !



Contrôlez la valeur du composant, son éventuel sens de montage (polarité des condensateurs chimiques) et sa position correcte sur le circuit. Car lorsque la soudure sera correctement remontée dans les trous métallisés, il sera très compliqué d'ôter le composant en tentant de le dessouder !

Nous en avons fait l'expérience lors de la mise au point des prototypes des divers montages proposés ; même à l'aide d'une station de soudage performante, d'une bonne pompe à dessouder et de la tresse à dessouder, nous avons eu toutes les peines du monde pour ôter des composants. Souvent, le composant retiré est abîmé et les pastilles du circuit imprimé partiellement détruites.

Donc, contrôlez, contrôlez encore, puis soudez !



Pour le placement des composants, il est d'usage de câbler l'ensemble des composants dans le même sens de lecture (sauf les composants polarisés, bien entendu !). Ainsi, pour les résistances par exemple, placez le circuit imprimé dans le sens de lecture normal de la sérigraphie puis insérez les résistances dans le sens de lecture de leur valeur (bague de couleur indiquant la tolérance, sur la droite, ou vers le haut). En dehors d'un certain aspect esthétique et rigoureux du câblage, vous y gagnerez lors de la mise au point, en rendant plus accessible la lecture directe de la valeur des composants.

Pour ne pas inspirer les vapeurs de soudure...

Plusieurs centaines de soudures sont parfois nécessaires pour réaliser un montage. Il n'est pas rare que les effluves dégagées par la soudure en fusion arrivent jusqu'à nos narines et nos yeux.

Afin d'éviter ce qui est mauvais pour la vue comme pour les poumons, voici une astuce simple à réaliser à l'aide d'un vieux ventilateur récupéré sur une alimentation de PC ou tout autre équipement.

La figure 16 ci-contre montre le concept. Prendre soin d'orienter le ventilateur pour qu'il aspire les fumées (sens de la flèche).

Ce système est très efficace et protège notre santé !

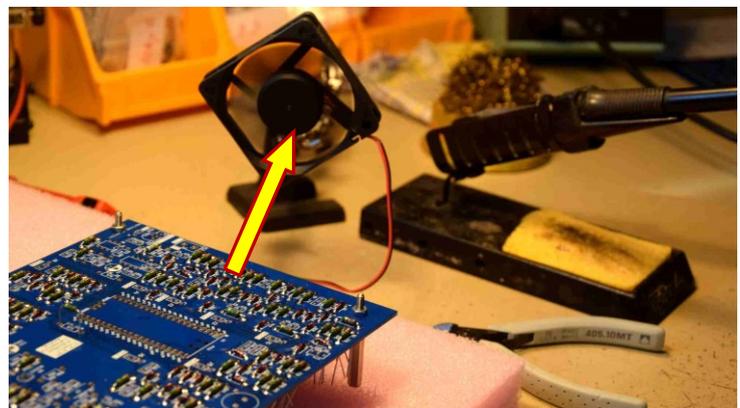


Figure 16



IV – UN OUTIL D'AIDE AU MONTAGE : ADAMO

Et si j'avais un assistant qui me montre exactement quoi faire ?

Certains de nos montages bénéficient d'une assistance totale au placement. Une petite révolution dans le guidage pas à pas de l'amateur comme du technicien aguerri : lorsqu'il faut souder parfois des centaines de composants sur un circuit imprimé, le risque d'erreur est important. Comme écrit précédemment, dessouder un composant sur un circuit imprimé aux trous métallisés reste une épreuve !

Alors Rétrotechnique a conçu un outil pour rendre quasi exceptionnel le risque d'une implantation erronée : [adamo](#) (pour AiDe Au MONTage). Planter la mauvaise valeur du composant ou lui affecter un mauvais positionnement deviennent des actions improbables, car [adamo](#) identifie chaque composant avec un cliché et un descriptif de repérage.

L'outil est rassurant pour tous, quelle que soit l'expérience en matière de câblage, et permet de gagner du temps, de faire des pauses même de plusieurs jours et de retrouver son ouvrage là où on l'a laissé.

Adamo est en libre accès et associé aux montages qui lui sont affectés.

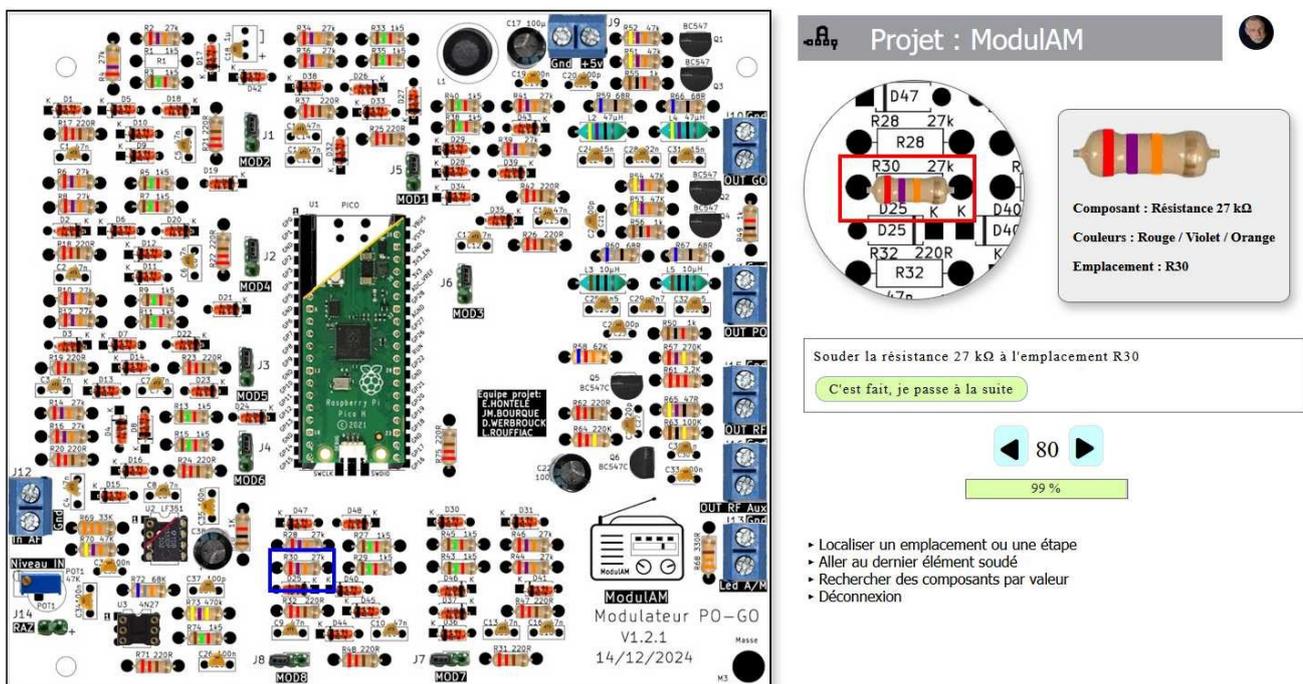


Figure 17 : vue de l'écran de l'application *adamo*, l'assistant au montage et au placement des composants sur le circuit imprimé.

Découvrez et testez virtuellement cet outil en vous rendant directement sur le site web du projet [ModuIAM](#) pour lequel il a été conçu initialement : [adamo](#).



V – IDENTIFICATION ET MARQUAGE DES COMPOSANTS

Comment interpréter cette résistance à 6 bagues colorées ? Et ce condensateur à la référence mystérieuse ?

Placer et souder l'ensemble des composants sur un circuit imprimé nécessite de savoir les reconnaître !

Pour un amateur pratiquant peu le câblage, ce n'est pas toujours évident. La miniaturisation des résistances et condensateurs oblige parfois une attention soutenue pour lire et décoder la valeur affichée.

Les illustrations suivantes aideront chacun à s'y retrouver et/ou à découvrir les méthodes de repérage des principaux composants.

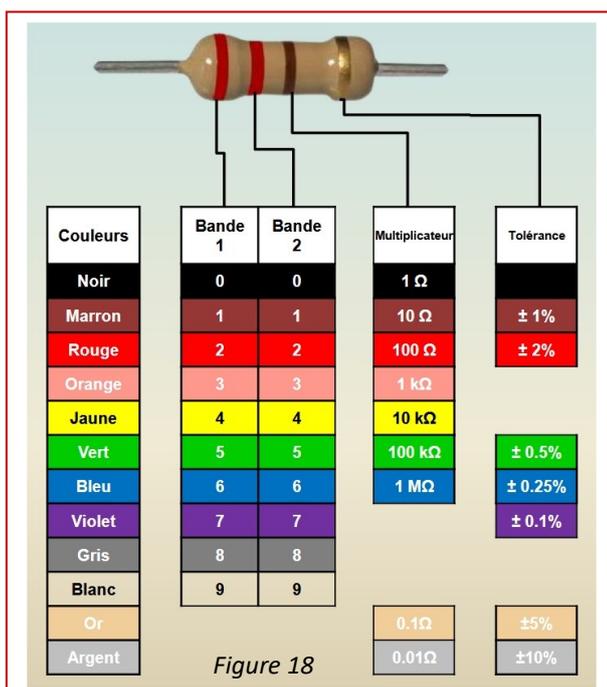
Les résistances

Le marquage des résistances a évolué au fil des années et des normes. Pour les composants les plus récents, il est parfois complexe de s'y retrouver, notamment lorsqu'on a affaire à une résistance 1/8 de watt, donc miniature et que les couleurs sont passablement délavées !

Il est donc prudent de bien contrôler, en s'aidant d'une loupe, que les couleurs sont bien en phase avec la valeur recherchée.

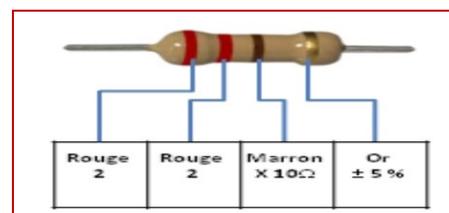
Une méthode plus sûre que nous vous recommandons systématiquement est de mesurer la valeur de chaque résistance, avant son placement sur le circuit imprimé, à l'aide d'un multimètre, en position ohmmètre.

Les figures 18 à 20, montrent les différents types de marquage et leur signification, en fonction du nombre de bagues présentes sur la résistance.



Ci-contre, la figure 18 indique le codage des résistances à 4 bagues, sans doute celles qui sont les plus répandues en modèle ½ et ¼ de watt, qui trainent au fond de nos tiroirs.

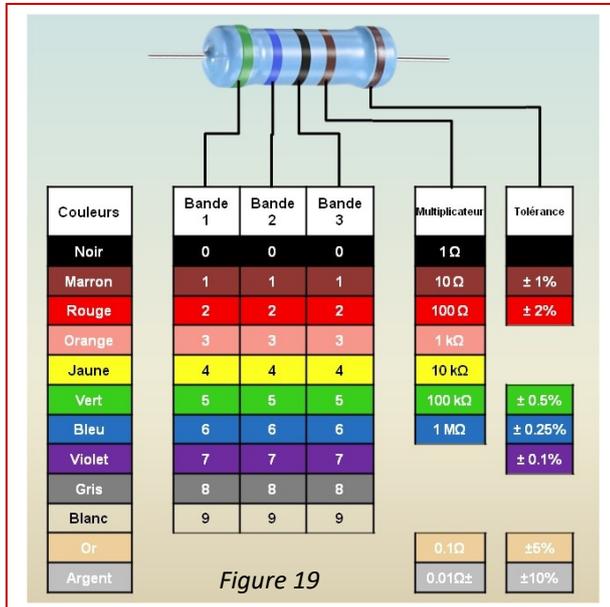
Exemple : valeur de la résistance en Ω :



(1^{er} chiffre ; 2^{ème} chiffre) x Multiplieur

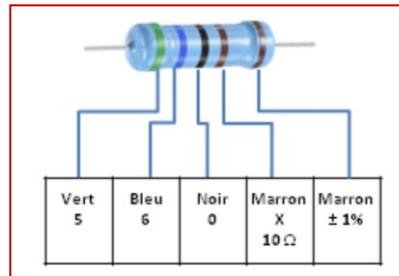
$$2 \quad 2 \quad \times \quad 10$$

$$R = 220 \Omega - \text{Tolérance} : 5 \%$$



Ci-contre, la figure 19 indique le codage des résistances à 5 bagues (production moderne).

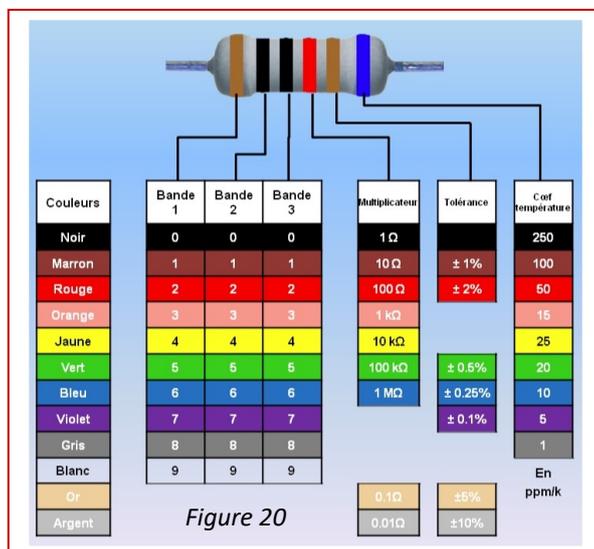
Exemple : valeur de la résistance en Ω :



(1^{er} chiffre ; 2^{ème} chiffre ; 3^{ème} chiffre) x Multipliateur

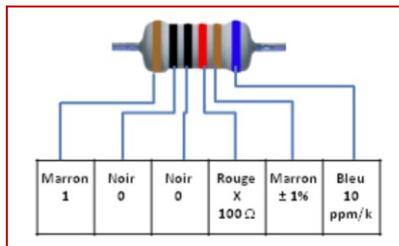
5 6 0 X 10

R = 5 600 Ω (5,6 kΩ) - Tolérance : 1 %



Ci-contre, la figure 20 indique le codage des résistances à 6 bagues (plus rare).

Exemple : valeur de la résistance en Ω :



(1^{er} chiffre ; 2^{ème} chiffre ; 3^{ème} chiffre) x Multipliateur

1 0 0 X 100

R = 10 000 Ω (10 kΩ) - Tolérance : 1 %

Coefficient de température : 10 ppm/k



Les condensateurs

Les types de condensateurs et les usages en matière de repérage sont si variés qu'il est difficile d'être exhaustif en la matière...

Nous ne traitons ici que des modèles courants et susceptibles d'être utilisés dans nos montages.

L'aspect visuel d'un condensateur donne souvent une bonne indication sur sa typologie et sa technologie. La figure 21 ci-après montre des exemples des principaux types de condensateurs rencontrés en électronique, sous la forme de composants traversant.

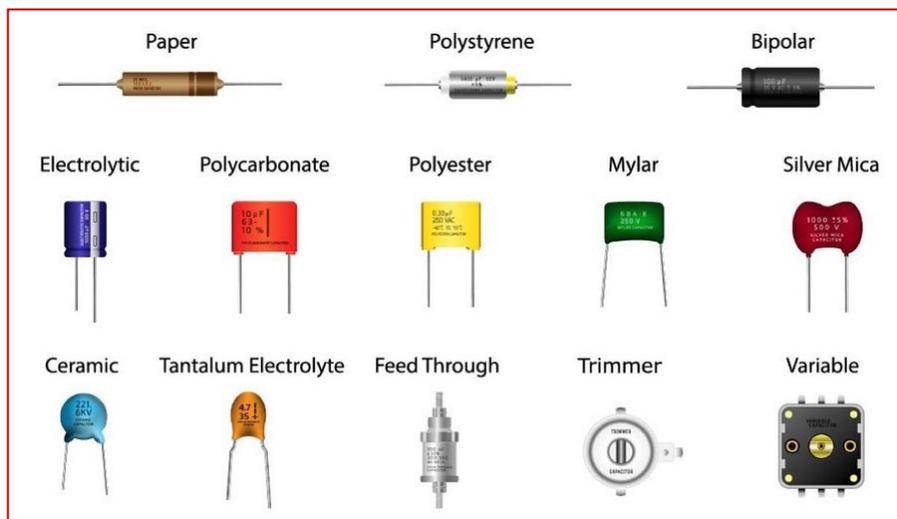


Figure 21 : principaux types et technologie des condensateurs employés en électronique.

Condensateurs non polarisés

Les condensateurs polyester ou polycarbonate portent généralement la valeur de la capacité inscrite en clair sur le corps du composant, suivie de l'unité : pF, nF (ou kF).

La figure 22 ci-après indique cette correspondance permettant de déterminer la valeur de la capacité, la tension de service et la tolérance du condensateur.

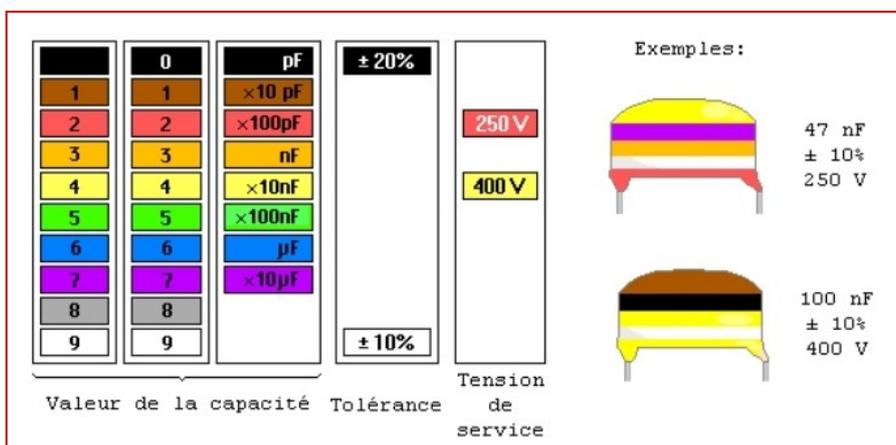


Figure 22 : un des codages les plus répandus des anciens condensateurs non polarisés.



Ces modèles anciens devenus totalement obsolètes mais trainent encore en quantité dans de vieux stocks et certainement aussi dans les tiroirs des amateurs, faisaient appel à un code de couleurs, similaire à celui employé pour le codage des valeurs des résistances.

Leur identification est alors assujettie à une transposition entre couleur et données chiffrées comme le montre la figure 22.

Pour les condensateurs de type céramique, une interprétation s'impose de la lecture du nombre, parfois précédé d'une lettre, apposé sur le corps de la capacité.

La figure 23 ci-après indique la façon dont il faut lire et interpréter cette codification.

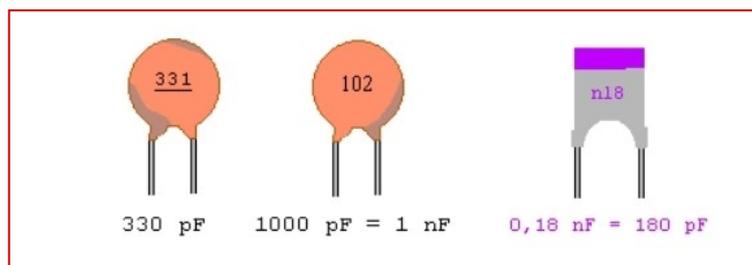


Figure 23 : marquage des condensateurs céramique « modernes ».

Cas généraux (les deux modèles de gauche sur la figure 11) :

Le condensateur marqué **331** :

Valeur = 1^{er} chiffre ; 2^{ème} chiffre ; Nombre de zéros

3 **3** **1** **C = 330 pF**

Le condensateur marqué **102** :

Valeur = 1^{er} chiffre ; 2^{ème} chiffre ; Nombre de zéros

1 **0** **2** **C = 1000 pF**

Pour le troisième condensateur (à droite sur la figure 22), la lettre « n » pour nano située avant le nombre indique que ce nombre est placé en décimale. Il faut donc lire **0n18** ou **0,18 n** soit **0,18 nF** ou encore **180 pF**.

Condensateurs polarisés

Les plus répandus sont du type électrolytique pour des plages de valeurs allant généralement de 1 μF à plusieurs milliers de μF .

Il est essentiel de bien repérer la polarité de ces condensateurs au risque de sévères ennuis assortis d'un danger de destruction « explosif » du composant en cas d'inversion des polarités, lorsque des tensions et courants importants sont en jeu.

En règle générale la polarité est indiquée très visiblement sur ce type de capacité, par une bande blanche ou de couleur, sur l'ensemble du corps du composant, supportant le signe de la polarité **négative** par un « - », ou bien par une flèche dupliquée sur toute la longueur du composant.

La figure 24 ci-contre montre un exemple de ce type de marquage.

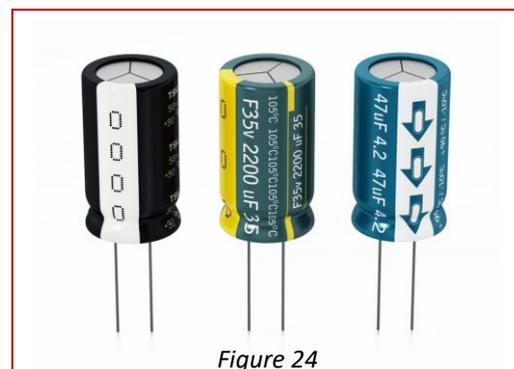


Figure 24



American Wire Gauge (AWG)	Diameter (inches)	Diameter (mm)	Cross Sectional Area (mm ²)
0000	0.46	11.68	107.16
000	0.4096	10.40	84.97
00	0.3648	9.27	67.40
0	0.3249	8.25	53.46
1	0.2893	7.35	42.39
2	0.2576	6.54	33.61
3	0.2294	5.83	26.65
4	0.2043	5.19	21.14
5	0.1819	4.62	16.76
6	0.162	4.11	13.29
7	0.1443	3.67	10.55
8	0.1285	3.26	8.36
9	0.1144	2.91	6.63
10	0.1019	2.59	5.26
11	0.0907	2.30	4.17
12	0.0808	2.05	3.31
13	0.072	1.83	2.63
14	0.0641	1.63	2.08
15	0.0571	1.45	1.65
16	0.0508	1.29	1.31
17	0.0453	1.15	1.04
18	0.0403	1.02	0.82
19	0.0359	0.91	0.65
20	0.032	0.81	0.52
21	0.0285	0.72	0.41
22	0.0254	0.65	0.33
23	0.0226	0.57	0.26
24	0.0201	0.51	0.20
25	0.0179	0.45	0.16
26	0.0159	0.40	0.13

Figure 26 : le tableau AWG indique la correspondance entre la terminologie AWG, le diamètre et la section d'un fil.

Les composants actifs

Le domaine des composants actifs (transistors, circuits intégrés, etc.) est trop vaste pour être abordé ici.

Nous traitons de chacun des composants actifs utilisés dans nos montages au sein de la notice propre à la réalisation de chaque montage.

Le logiciel d'aide au montage [adamo](#) renseigne aussi sur l'identification des composants actifs avec les indications permettant d'éviter toute erreur d'implantation (sens, polarité).



VI – PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Libre de droits ne signifie pas sans règle d'usage...

La plupart des montages proposés à la réalisation par Rétrotechnique sont issus d'idées suivies d'une conception, d'un développement, d'une mise au point, d'une qualification et d'une mise à disposition sous une forme reproductible par une équipe d'ingénieurs et techniciens électroniciens, informaticiens, amateurs ou professionnels.

Points communs de tous les membres de ces équipes :

- La passion pour toute la technique radio et audiovisuelle ancienne à laquelle ils souhaitent apporter quelque contribution afin d'en prolonger la vie et/ou d'en sauvegarder les éléments les plus essentiels,
- Un travail désintéressé où toute connotation commerciale est exclue. Du bénévolat, de la bonne volonté, de la rigueur et surtout de la convivialité et du partage.

Dans ce cadre parfaitement défini, les études, les schémas et plans des montages, les logiciels et l'ensemble des dossiers et documents rédigés par l'équipe sont mis à disposition de tous les amateurs, via le portail [Rétrotechnique](#), au travers de ses différents sites internet et de son [forum](#).

Si les inventions, procédés, et développements logiciels restent la propriété intellectuelle de leurs auteurs, ces derniers accordent toutefois une licence publique générale (suivant la définition GNU-GPL pour *General Public License*) aux utilisateurs qui acceptent de fait les termes de cette licence libre de droits.



Par ailleurs les auteurs demandent à chaque amateur utilisateur de respecter les engagements complémentaires suivants :

- Ne pas faire commerce des montages proposés, en l'état ou modifiés,
- Mettre à disposition des auteurs la totalité des modifications / améliorations / corrections qui auront été apportées aux développements initiaux.

Dans l'intérêt général, les auteurs se réservent alors la possibilité de diffuser gracieusement tout ou partie des modifications et développements ainsi réalisés, dans le cas où de nouveaux projets seraient concernés par tout ou partie de ces modifications.

Les logiciels concernés sont accompagnés de la notification AGPL ou GNU et du texte suivant :

« Ce programme est un logiciel libre ; vous pouvez le redistribuer ou le modifier suivant les termes de la GNU General Public License telle que publiée par la Free Software Foundation ; soit la version 3 de la licence, soit toute version ultérieure.

Ce programme est distribué dans l'espoir qu'il sera utile, mais SANS AUCUNE GARANTIE ; sans même la garantie tacite de QUALITÉ MARCHANDE ou d'ADÉQUATION à UN BUT PARTICULIER. Consultez la GNU General Public License pour plus de détails.

Vous devez avoir reçu une copie de la GNU General Public License en même temps que ce programme ; si ce n'est pas le cas, consultez <http://www.gnu.org/licenses> ».



VII – ANNEXES

Pour compléter les propos

Dispositif et méthode de décharge des condensateurs haute tension

Lorsqu'on s'apprête à travailler (soudures, câblage des raccordements inter modules, réglages, etc.) sur le châssis d'un appareil intégrant une alimentation à haute tension (cas fréquent des montages à tubes), la première action « réflexe » et absolument nécessaire consiste à débrancher la fiche d'alimentation du réseau secteur.

Même si plusieurs jours se sont passés depuis la dernière mise sous tension de l'équipement, il est fort possible que la haute tension emmagasinée dans le ou les condensateurs de filtrage de l'alimentation haute tension soit encore suffisamment élevée pour s'avérer dangereuse.

Par précaution, il est donc important de procéder à la décharge de ce ou ces condensateurs et de vérifier ensuite que l'éventuelle tension résiduelle ne dépasse pas quelques volts.

Repérer le ou les points de décharge

Sachant que toutes les tensions élevées d'un montage sont délivrées par la section alimentation HT du montage, on peut donc être assuré qu'après la décharge du ou des condensateurs de filtrage, toutes les autres tensions seront ramenées proche de 0 V.

À partir du schéma électronique du montage en cours, repérer le transformateur d'alimentation, puis le redresseur constitué soit de diodes ou d'un pont redresseur, soit d'un tube électronique « valve ».

À la sortie du système de redressement se trouve un condensateur dont la valeur peut varier généralement de 8 à 100 μF . Le plus souvent la tension ainsi redressée est suivie d'une cellule complémentaire de filtrage formée d'une self (ou d'une résistance de puissance) et d'une nouvelle capacité souvent de valeur identique à celle située en tête.

Après avoir repéré visuellement sur le montage où se situe exactement la borne positive de chacun de ces deux condensateurs, il est alors possible de procéder à leur décharge.

Méthode de décharge du ou des condensateurs haute tension

Préparer une résistance de décharge.

Nous conseillons d'employer une résistance d'environ 1 k Ω (brun, noir, rouge), de puissance approximative de 5 W.

Ce n'est guère critique et si la valeur oscille entre 1 k Ω et 5 k Ω , en fonction des disponibilités de fond de tiroir de l'atelier.



Exemple, figure 27 ci-après, d'une alimentation HT avec redressement au travers d'un tube électronique :

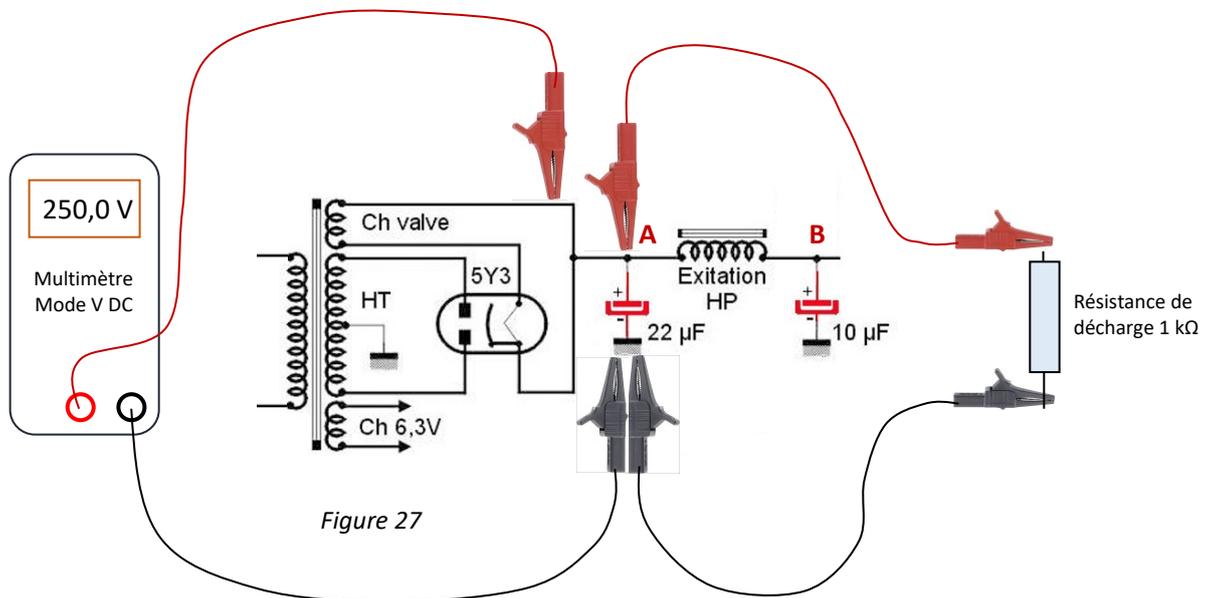


Figure 27

Effectuer les opérations suivantes :

- S'assurer que le cordon d'alimentation de la tension secteur est bien débranché du réseau secteur domestique,
- Prendre un multimètre, position voltmètre continu (VDC ou V=) ; s'il ne dispose pas d'une échelle automatique, placer le commutateur d'échelle sur 500 V,
- À l'aide d'un cordon de mesure (banane / banane + une pince crocodile **isolée**) de couleur noire, raccorder le pôle « COMMUN » (0 V) du multimètre au châssis du montage ou à une cosse de masse reliée au « moins » de l'alimentation HT,



- Avec l'autre cordon de mesure (**rouge**) équipé d'une fiche crocodile **isolée** de couleur **rouge**, ou mieux d'un grip-fil isolé à au moins 1 000 V (les cordons de mesure fournis avec les multimètres sont correctement isolés), mesurer la valeur de la HT en plaçant cette pointe de touche sur le point **A** du schéma de la figure 27. **Avec une main derrière le dos, toujours !!!**

- Contrôler la valeur de la tension. Si elle est supérieure à environ 5 VDC c'est que ce condensateur doit être déchargé,
- Raccorder alors une extrémité de la résistance de décharge au châssis, via un fil noir banane / banane terminé par deux pinces crocodile **isolées**.
- L'autre extrémité de la résistance est raccordée au fil rouge équipé d'une fiche banane + croco **rouge isolée** d'un côté et par un grip-fil **rouge isolé** au moins à 1 000 V, de l'autre,



- Avec la main qui n'est pas derrière le dos (...) toucher franchement le point **A** (schéma de la figure 27, le « + » du condensateur de tête) avec la pointe de touche de la résistance de décharge. Pas d'étincelles, pas de bruits suspects, la valeur de la résistance permet de pratiquer une décharge « douce »,
 - Laisser le contact assuré pendant quelques secondes,
 - Répéter cette même opération pour le second condensateur sur le point **B** de la figure 27 (même si probablement ce second condensateur a bénéficié de la décharge via le point **A** au travers de la self de filtrage),
 - Ensuite, effectuer une mesure de contrôle de la tension résiduelle, avec le multimètre en position DC,
 - La mesure doit indiquer une valeur proche de 0 V et dans tous les cas, inférieure à 5 V. Si ce n'est pas le cas, recommencer la phase de décharge en laissant le grip-fil de la résistance quelques secondes supplémentaires,
 - Puis contrôler à nouveau. Et si la tension était toujours élevée, vérifier que la résistance de décharge n'est pas coupée ou que sa valeur n'est pas trop élevée, ou bien encore que le fil noir de masse assure bien le contact entre le châssis (ou la masse 0 V) et l'autre extrémité de la résistance de décharge,
 - Il est maintenant possible de travailler sans crainte sur ce montage. Avec ses deux mains !



Table des matières

I – COMMENT COMMUNIQUER ?	3
II – VOTRE SÉCURITÉ	4
<i>Électricité = Danger</i>	4
<i>Fer à souder : attention aux brûlures !</i>	5
<i>Électricité électrostatique = Danger pour certains composants</i>	6
III – UN OUTILLAGE ADAPTÉ	7
<i>Le fer à souder</i>	7
<i>La pince coupante</i>	9
<i>La pince plate</i>	9
<i>La pince à dénuder</i>	10
<i>Quelques accessoires bien pratiques pour les montages sur circuit imprimé</i>	10
III – QUELQUES CONSEILS DE CÂBLAGE	12
<i>Créer un environnement favorable</i>	12
<i>Réaliser une soudure parfaite</i>	13
<i>Avant de poser le fer à souder sur la pastille du circuit imprimé</i>	14
<i>Pour ne pas inspirer les vapeurs de soudure</i>	14
IV – UN OUTIL D'AIDE AU MONTAGE : ADAMO	15
V – IDENTIFICATION ET MARQUAGE DES COMPOSANTS	16
<i>Les résistances</i>	16
<i>Les condensateurs</i>	18
<i>Les fils et câbles</i>	20
<i>Les composants actifs</i>	21
VI – PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE	22
VII – ANNEXES	23
<i>Dispositif et méthode de décharge des condensateurs haute tension</i>	23

Pour signaler une erreur : signalements@retrotechnique.org

Retrouvez toute la technique radio et audiovisuelle
ancienne sur notre portail Rétrotechnique.

<https://retrotechnique.org/>

Conception et rédaction notice : Daniel Werbrouck (DWK)

Suivi des versions :

v0.1.0 à v1.0 : ébauches 1 à 3 – 10 à 12/2024.

v1.1 : version définitive – BAT – 01/2025.

Crédit photos et illustrations

Couverture : DWK, JMB

Page 5 : illustration : [Interface Z](#)

Page 6 : illustration : [signalétique.biz](#)

Figure 1 : [Trixes](#) / Figure 2 : [Wiecok](#) / Figure 3 : [Tilswall](#) / Figure 4 : [Sain Smart](#) / Figure 5 : [Toolcraft](#) / Figure 6 : [FixPoint](#) / Figure 7 : [RS PRO](#)

Figure 8 : [Knipex](#) / Figure 9 : [RS PRO](#) / Figure 10 : [RS PRO](#) / Figure 11 : [RS PRO](#) / Figure 12 : [Distrionic](#) / Figure 13 : [Spurtar](#) / Figures 14, 15, 16, 17 : DWK

Figures 18, 19, 20 : [zonepratique.com](#) / Figures 21 et 25 : [mfgrobots.com](#) / Figures 22 et 23 : [electroniquebasique.orgfree.com](#) / Figure 24 : [izi by edf](#)

Figure 26 : [etsy.com](#) / Figure 27 : schéma : [carnets-tsfr](#) – Composition figure : DWK.

Rédaction DWK : 01/2025 - v1.1.

Fin du document