PROJET AMPLIFIL MKII

Amplificateur audio stéréo de haute qualité

NOTICE DE CÂBLAGE, DE MONTAGE ET DE MISE EN SERVICE

PARTIE 1
SÉCURITÉ DES PERSONNES ET DES MATÉRIELS, OUTILLAGE, CONSEILS DE CÂBLAGE

v1.1 – Notice Amplifil MKII – Partie 1 – 2021-12

*Liste des documents disponibles et téléchargeables, relatifs à la réalisation de l'Amplifil MKII : **ICI***

Vous ne connaissez pas encore l'association **Radiofil** ? Cliquez **ICI** pour en savoir plus.

Adresse de contact de l'équipe de conception / réalisation de l'Amplifil MKII : amplifil@radiofil.org

SOMMAIRE

Avertissement :
Pour se rendre directement au chapitre (ou sous-chapitre) souhaité, il suffit de cliquer (touche CTRL + Clic gauche) sur la ligne du sommaire concernant le sujet sélectionné.

I – AVANT-PROPOS 3

II – CE QU'IL FAUT SAVOIR AVANT DE COMMENCER 4

II.1 – ORGANISATION DE LA NOTICE 4
II.2 – VOTRE SÉCURITÉ 6
II.3 – L'OUTILLAGE MINIMUM 7
II.4 – QUELQUES CONSEILS DE CÂBLAGE 8
II.5 – LES RÈGLES D'USAGE ET DE REPÉRAGE DES COMPOSANTS 10
II.5.1 – Les résistances 10
II.5.2 – Les condensateurs 11
II.5.3 – Les fils et câbles 12
II.5.4 – Les transistors, régulateurs et diodes 13

III – ANNEXES 14

III.1 – DISPOSITIF ET MÉTHODE DE DÉCHARGE DES CONDENSATEURS 14
III.1.1 – Repérage du point de décharge 14
*III.1.2 – Méthode de décharge de C1 ..... **Erreur ! Signet non défini.***
III.2 – DOCUMENTS RELATIFS AU PROJET AMPLIFIL MKII 16

IV – GLOSSAIRE 16

Contact :
RADIOFIL
amplifil@radiofil.org

I – AVANT-PROPOS

Le projet Amplifil MKII est une initiative du club Radiofil, au sein duquel une équipe de quatre personnes a décidé d'étudier un amplificateur HIFI de haute qualité, à tubes, en réfléchissant autour de concepts modernes que permettent certains composants solides et de faibles coûts.
Cette notice s'adresse aux membres de l'association Radiofil ; elle est consacrée à la seule réalisation de ce projet.
Pour connaître et assimiler toutes les phases préparatoires (étude théorique des schémas imaginés lors de la conception des différents modules, mise au point et mesures complètes d'une maquette fonctionnelle de validation, évaluation de la qualité sonore, optimisations diverses, réalisation d'un prototype d'identification de la « série ») l'amateur se reportera aux différentes éditions de *Radiofil magazine*, à partir du numéro 100 (septembre/octobre 2020) jusqu'au numéro xxxx inclus.

Le principe de l'étude repose sur l'utilisation de technologies récentes autorisant un contrôle total du fonctionnement des tubes électroniques, garantissant un très grand respect de la qualité sonore et une durée allongée de la vie des tubes.
Cet amplificateur original donnera toute satisfaction à l'amateur qui suivra méthodiquement les procédures de câblage et de montage des différents composants, circuits imprimés et modules, au sein du châssis ; cette notice a été conçue en utilisant la méthode rédactionnelle du pas à pas et bénéficie d'une abondante illustration.
Si les concepteurs semblent avoir totalement atteint leur premier objectif, relatif au degré visé de qualité technique et sonore de ce projet, il en est un second auquel ils sont très attachés : permettre à tout amateur, même peu ou pas électronicien, d'entreprendre la réalisation de cet amplificateur, à l'aide d'outils de base et d'un simple multimètre pour tous les contrôles et réglages, avec l'assurance du succès de leur entreprise.
Les quatre membres du groupe auront réussi totalement leur mission lorsque chacun pourra profiter fièrement de la réalisation personnelle de son amplificateur qui n'a rien à envier à certains de ses aînés aux noms prestigieux…

LIRE CE QUI SUIT AVEC ATTENTION

Certaines remarques ou conseils proposés dans cette notice pourront paraître désuets ou simplistes à certains. Pourtant **nous insistons résolument** sur le suivi exact et total de toutes les opérations indiquées, seule méthode garantissant la réussite attendue de ce projet. Ceci est vrai aussi pour les spécialistes…
Nous demandons à l'amateur de lire attentivement les consignes de sécurité proposant des procédures simples à mettre en œuvre, pour assurer une protection optimum contre les dangers réels d'électrocution, compte tenu de la nature et du niveau des tensions et courants circulant dans cet amplificateur.
Ce message n'est pas une simple règle d'usage ou légale, **mais une obligation vitale** pour éviter tout accident électrique.
Nous vous conseillons de lire en totalité cette notice une première fois, avant de commencer toute opération de câblage. Cela vous permettra de prendre la mesure des différentes opérations à effectuer et de préparer votre environnement « technique » pour l'application des consignes de sécurité et le respect d'un environnement de câblage optimisé.

Et maintenant, bonne lecture, puis bonne réalisation de votre Amplifil MKII !

II – CE QU'IL FAUT SAVOIR AVANT DE COMMENCER

Il est vivement recommandé de lire attentivement ce chapitre avant de commencer la réalisation de l'Amplifil, même si la tentation est grande de se précipiter sur le fer à souder…
Au final, chacun gagnera un temps précieux en suivant les procédures indiquées, limitera les risques d'erreurs dont certaines pourraient provoquer des dégâts non réparables et assurera sa propre sécurité contre les dangers des tensions élevées, en effectuant les bons gestes aux bons moments.

Dans ce chapitre II, nous traitons quatre thématiques :

- **Organisation de la notice** : en quelques mots, nous présentons les repères, sigles et liens qui permettent de naviguer dans cette notice afin de repérer, de façon réflexe, les rubriques relatives à la sécurité, aux astuces et aux informations permettant de comprendre le pourquoi d'une méthode ou les raisons d'une action particulière.

- **Votre sécurité** : nous expliquons le plus simplement possible, les règles à appliquer pour limiter au maximum les risques d'électrocution qui sont quasiment toujours imputables à une erreur de manipulation ou à une certaine précipitation.

- **L'outillage minimum** : nous listons les outils nécessaires à la réalisation soignée du câblage et apportons quelques conseils sur les méthodes et l'environnement de travail adapté à la réalisation de cet amplificateur.

- **Quelques conseils de câblage** : comment réaliser une soudure fiable, nettoyer les points de soudure ? Quelques conseils permettront d'éviter les soudures dites « sèches » provoquant à moyen terme des mauvaises liaisons électriques et donc des pannes souvent complexes à diagnostiquer.

- **Les règles d'usages et de repérage des composants** : comment identifier les résistances via le code des couleurs, comment reconnaitre et placer les composants correctement sur les circuits imprimés, comment choisir les fils et câbles en fonction des types de signaux, comment appliquer les règles de câblage des masses ? Autant de questions dont le respect des réponses proposées ici permettra de construire cet amplificateur suivant les méthodes appliquées dans le monde de l'audio professionnel. En dehors de la satisfaction de contempler un appareil correctement et proprement câblé, chacun y trouvera un avantage certain, lorsque, dans quelques années, peut-être, vous ou vos enfants souhaiteront reprendre cet amplificateur pour le modifier, ou le dépanner, ou encore simplement le remettre en service, le plus simplement possible.

II.1 – ORGANISATION DE LA NOTICE

Simplicité… Nous avons privilégié les « visuels » aussi bien pour repérer les points importants que pour montrer les opérations de câblage et de montage.
Lorsque les symboles suivants apparaissent dans la marge située à gauche de la page en cours, ils signifient :

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 au travers d'une astuce issue de l'expérience des auteurs.

Cette rubrique est toujours présentée en caractères italiques.

CÂBLAGE PAS À PAS

☐ Nous avons opté pour un câblage pas-à-pas de chaque composant, de chaque circuit, de chaque sous-ensemble constituant l'amplificateur.

Ce petit carré vert se situe devant une opération à effectuer, par exemple :

☐ Implantation et soudure de la résistance R28 de valeur 22 kΩ (rouge, rouge, orange).

L'objectif est d'effectuer cette opération de câblage, de la contrôler puis de cocher la case.

Plusieurs avantages à cette méthode :

- peu d'erreurs possibles, grâce à la technique du pas-à-pas,
- contrôle après chaque opération effectuée, avant de cocher la case,
- abandon provisoire du chantier, pour une reprise ultérieure, sans risquer de sauter une étape de câblage !

Cette méthode a fait ses preuves depuis des décennies… Les plus anciens se souviendront qu'elle a été appliquée avec succès dans toutes les notices de montage des kits proposés par la société américaine Heatkit.

☑ Implantation et soudure de la résistance R28 de valeur 22 kΩ (rouge, rouge, orange).

Une fois la case cochée, il est possible de passer à l'étape suivante.

Pour faciliter la mise en œuvre de cette méthodologie, il est plus simple de disposer d'un exemplaire « papier » de cette notice, lors des opérations de câblage. Posé à proximité du plan de travail, on peut ainsi cocher les cases au fil des opérations effectuées.

D'autres types de convention sont présents dans cette notice :

LIENS HYPERTEXTE

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

Lorsqu'un sujet est abordé à plusieurs moments du câblage, ou qu'une même information est nécessaire à différentes étapes de la réalisation de l'amplificateur, plutôt que de répéter le texte et/ou l'illustration, nous mentionnons le chapitre où se trouve l'information initiale et lions cette indication via un lien hypertexte reconnaissable aux caractères **bleus gras 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 apparaitre. Lorsque c'est le cas, l'appui sur le clic gauche de la souris transportera le lecteur au chapitre concerné.

Exemple : …par ailleurs, nous avons détaillé les différentes conventions adoptées dans cette notice au chapitre **II.1 ORGANISATION DE LA NOTICE**, page 4.

ABREVIATIONS ET SYMBOLES CONVENTIONNELS

Afin de ne pas alourdir le texte, certaines conventions et abréviations sont admises ici.
Consulter le **IV – GLOSSAIRE** situé en fin de cette notice (page 16) pour en découvrir la liste et la signification.

II.2 – VOTRE SÉCURITÉ

C'est **LE** point essentiel !

Électricité = Danger.
Les amplificateurs à lampes fonctionnent sous des tensions élevées. Ici, les tensions continues utilisées (40 V à 400 V) sont dangereuses. La tension d'anode des tubes de puissance peut même atteindre des valeurs largement supérieures à la tension d'alimentation, avec le 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 votre 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'amplificateur en cours de mise au point est correctement calibré (voir sa valeur en nomenclature).
- ☞ Vérifier que le châssis de l'amplificateur 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 de l'amplificateur,

- ☞ Ne placez pas l'amplificateur sur une surface métallique,
- ☞ Connectez vos appareils de contrôle sur l'amplificateur, avant sa mise sous tension et après avoir respecté toutes les règles de sécurité,

- ☞ Ne mettez jamais les deux mains en même temps à l'intérieur de l'amplificateur (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 condensateur chimique C1 du module d'alimentation (Haute Tension) est bien déchargé.
  DANGER réel : la décharge haute tension d'un condensateur peut vous foudroyer ! Le condensateur C1 du module de l'alimentation emmagasine environ 30 joules. Par comparaison, les meilleures clôtures électriques fournissent une décharge de 0,03 joule (1 000 fois moins…).
  Si C1 est chargé, procédez à sa décharge, à l'aide du petit montage proposé **annexe 1** de cette notice (page 14), 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 le châssis.

Le fer à souder : attention aux brûlures !
Assurez-vous d'avoir 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 réparer les dégâts d'une brûlure superficielle…

C / Protection des équipements et des composants
Dans le cas de réglages sous tension, connectez toujours un haut-parleur ou une enceinte acoustique sur le secondaire de chaque transformateur de sortie, avant la mise sous tension de l'amplificateur.
En effet, si les transformateurs de sortie ne sont pas chargés sur leurs enroulements secondaires respectifs (sorties HP), il suffit parfois de toucher un point sensible de l'amplificateur, simplement même avec la pointe de touche d'un multimètre, pour provoquer une amplification du 50 Hz ambiant, qui va générer une forte surtension (réactive) dans les transformateurs, si ces derniers ne sont pas chargés. Cette surtension est fréquemment destructrice par apparition d'un arc interne, le tout en quelques millisecondes…

Bien entendu, lors des essais, les haut-parleurs peuvent être remplacés par des charges résistives équivalentes et de puissance suffisante (exemple : 8 Ω - 10 W).
Cette précaution reste vraie même lorsqu'aucun signal n'est présent à l'entrée de l'amplificateur, par exemple lors des opérations de réglage des polarisations ou d'équilibrage des courants.

II.3 – L'OUTILLAGE MINIMUM

Un bon ouvrier doit posséder de bons outils pour réaliser un bon travail… Cet adage se vérifie aussi parfaitement dans le câblage électronique.
La planche d'illustration présentée en page suivante (figure 001) montre l'outillage nécessaire à une réalisation et à un câblage optimaux de l'amplificateur.
L'ensemble de ces outils est disponible chez tous les grands distributeurs de composants et de matériels électroniques, à des prix raisonnables.
Ainsi, la station de soudage proposée dans notre illustration permet le maintien d'une température constante de la panne, réglable entre 150 et 450 °C, pour une puissance nominale d'environ 50 W.

L'embout de soudage (panne), de forme ronde, est parfait pour réaliser des soudures sur les circuits imprimés. Cette station complète est disponible pour moins de 25 € chez plusieurs distributeurs.
Privilégiez un bon éclairage de la surface de travail, une petite loupe éclairante (grossissement x 3) pour contrôler la qualité des soudures, un support PCB pour maintenir correctement le circuit imprimé (la troisième main !), un jeu de tournevis isolés au moins jusqu'à 1 000 V et un jeu de pinces plates et coupantes d'électronicien (voir ci-dessous).

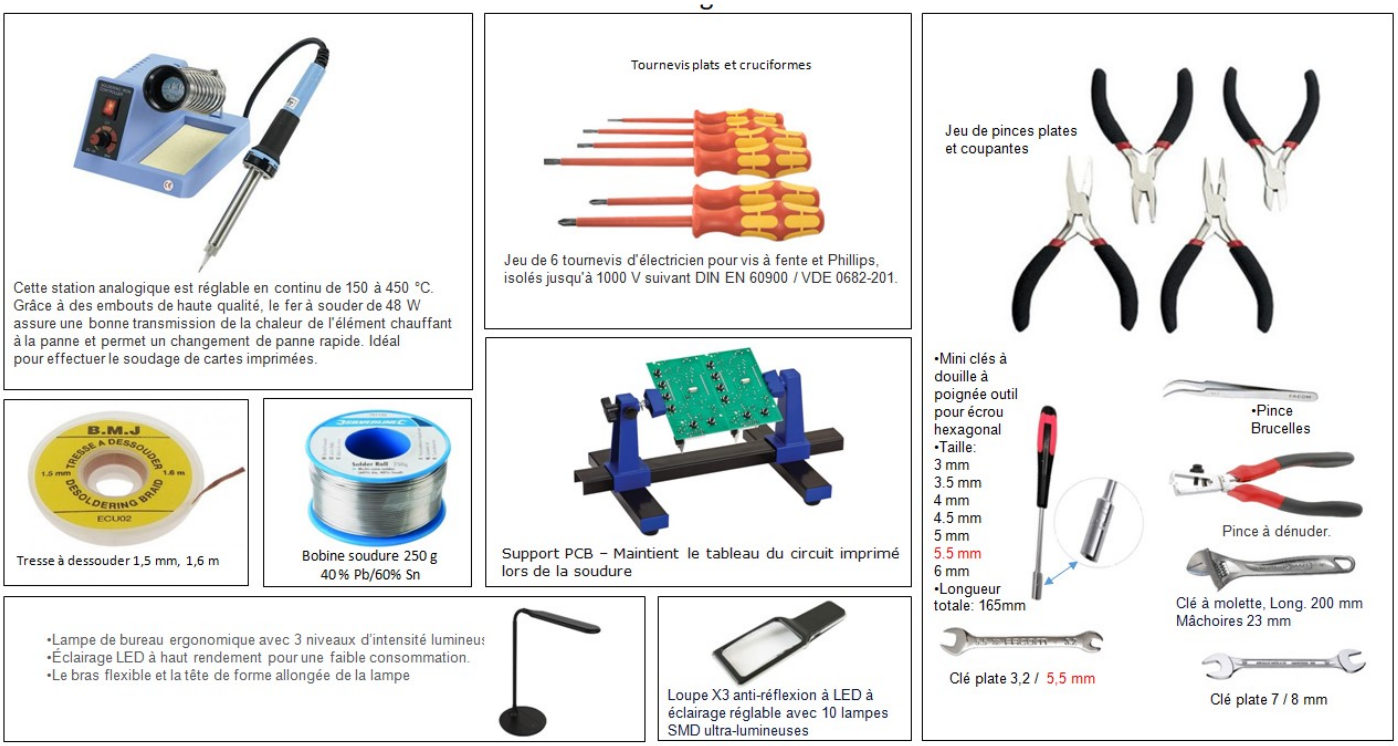


Figure 001 – La panoplie de l'outillage optimum conseillé pour le câblage et le montage de l'amplificateur.

II.4 – QUELQUES CONSEILS DE CÂBLAGE

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.
Les circuits imprimés des alimentations et des modules d'amplification sont 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. Nos circuits comportent deux 2 couches : une inférieure (masse) et l'autre supérieure (liaisons).
Lorsque l'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.

Pour réaliser une soudure parfaite :

- ✓ Les pièces en contact doivent être décapées ; c'est pourquoi la soudure contient dans son âme un décapant 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 ineptie ! 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.

Fig. 002

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.

Précautions :
Avant de souder un composant, vérifiez plutôt deux fois qu'une que c'est le bon…
Contrôler sa valeur, son sens de montage (polarité des condensateurs chimiques) et sa position correcte sur le circuit. Car quand 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 de l'amplificateur ; 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 bas). 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.

Créer un environnement favorable

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

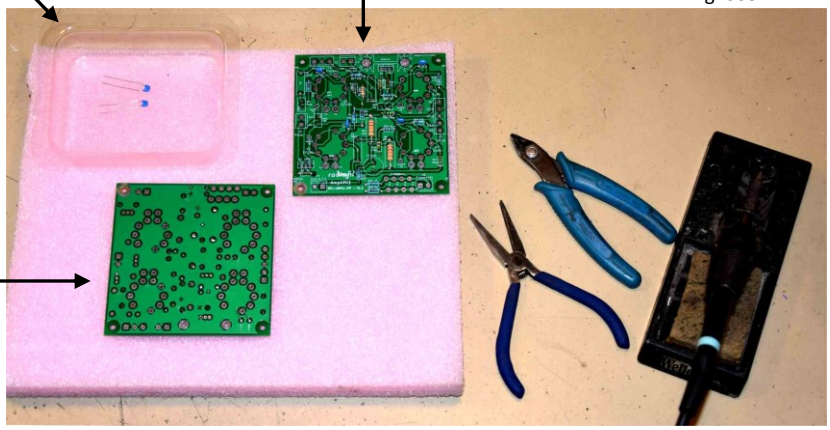
Pour ceux qui ne disposent pas d'une « troisième main » au travers d'un outil de maintien du circuit imprimé (voir **figure 001** page 8), il est possible d'utiliser une mousse résistante à la chaleur ou un polystyrène récupéré dans un emballage, par exemple.

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.
Contrôler que chaque soudure est correctement réalisée, au travers d'un examen visuel attentif.

Fig. 003



II.5 – LES RÈGLES D'USAGE ET DE REPÉRAGE DES COMPOSANTS

Placer et souder l'ensemble des composants sur le 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.

II.5.1 – Les résistances

La figure 004, page suivante, propose un rappel de la codification concernant le marquage de la valeur et de la tolérance des résistances.

Nous avons répertorié les résistances utilisées dans le module d'alimentation haute tension et dans le module d'amplification de puissance.

Certaines résistances présentes dans les kits proposés par Radiofil, sont de type ¼ de watt et leur lisibilité est délicate, compte tendu de leur taille.

Il est 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.

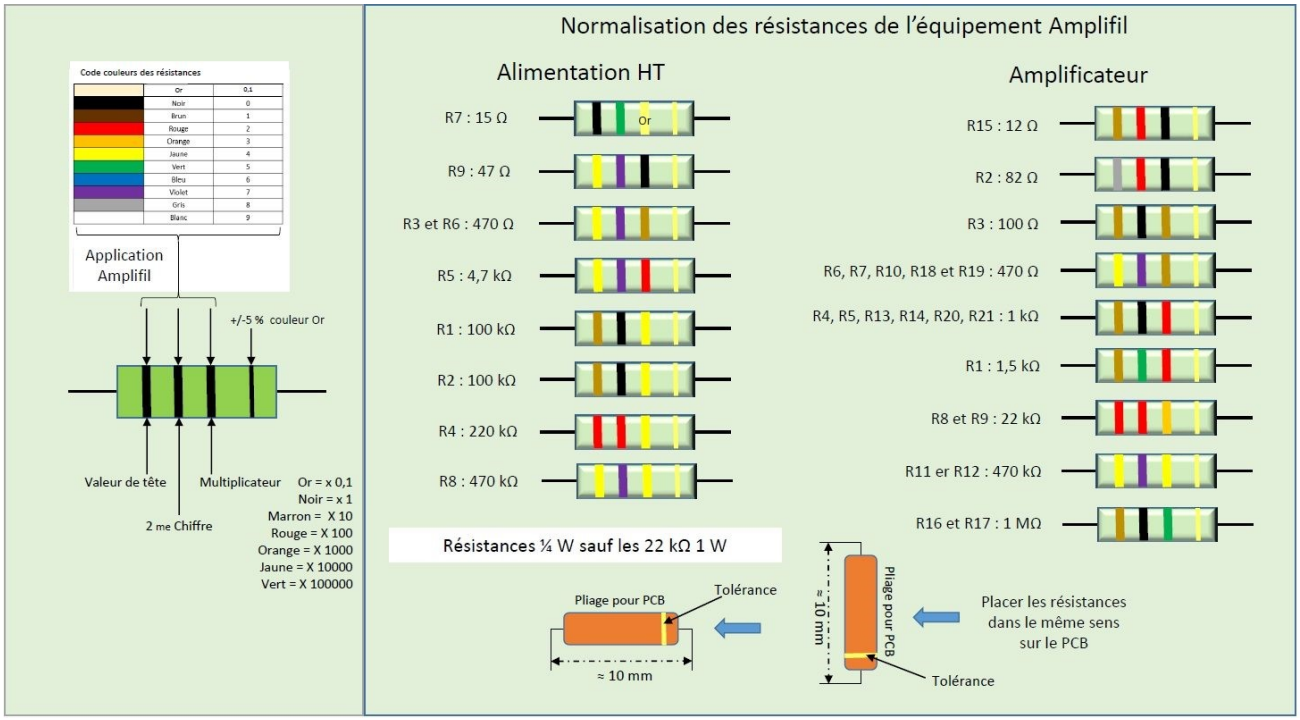


Figure 004 – Code des couleurs et repérage des résistances utilisées dans l'équipement.

II.5.2 – Les condensateurs

Ci-après, la figure 005, montre la présentation et le repérage des différents types de condensateurs utilisés dans l'Amplifil.

Nous avons répertorié les condensateurs utilisés dans les modules des alimentations haute et basse tensions et dans le module d'amplification de puissance.

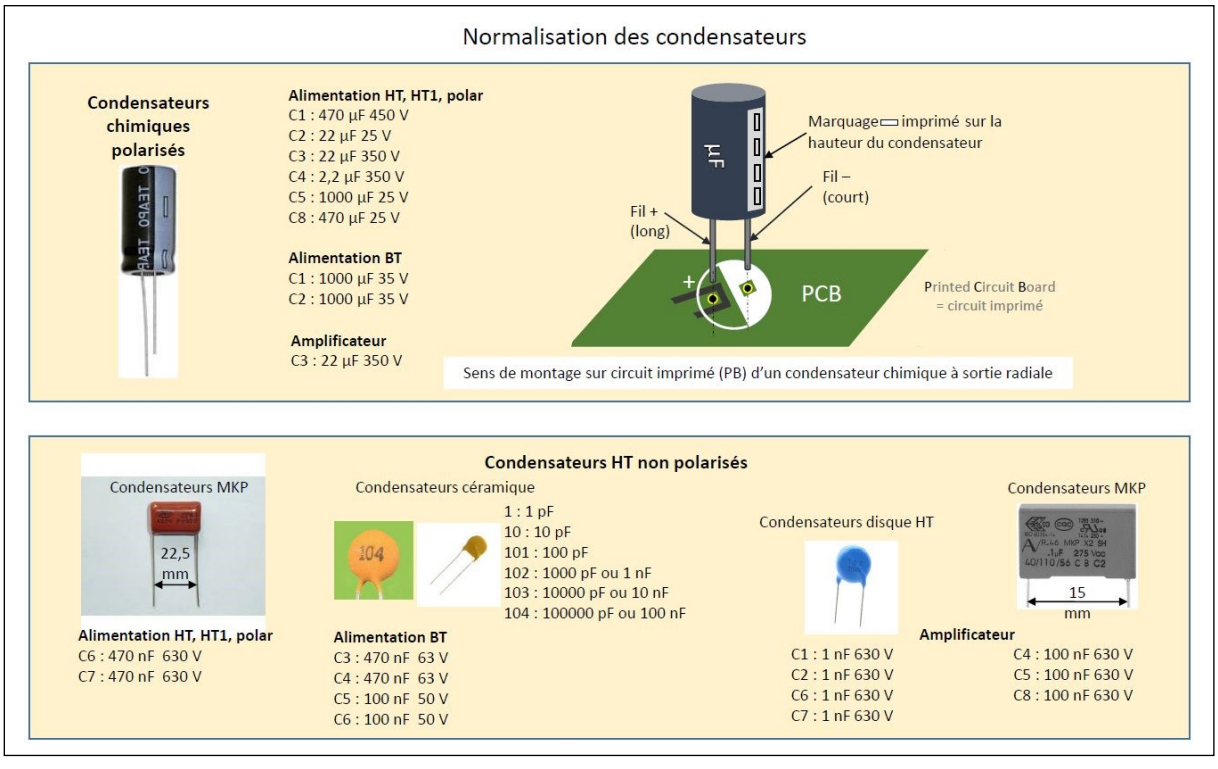


Figure 005 – Repérage des condensateurs de tous les types, utilisés dans l'équipement.

Nous n'insisterons jamais assez sur l'importance de bien contrôler la polarité des condensateurs chimiques avant leur placement sur le circuit imprimé et surtout avant leur soudage…
Les condensateurs à sorties radiales sont particulièrement difficiles à dessouder car, par principe, il n'est pas possible d'atteindre les pastilles de la face supérieure du circuit imprimé avec le fer à souder…
Alors prudence !

II.5.3 – Les fils et câbles

Le câblage de l'Amplifil nécessite différents types de fils et câbles, en fonction de la nature du signal à transporter.
La figure 006 ci-après en indique le meilleur choix, en fonction de la nature de chaque signal présent au sein du châssis de l'équipement.
Pour compléter, ce tableau propose la couleur normalisée ou admise usuellement dans le câblage électronique, toujours en fonction du type de signal transporté. Bien entendu, si vous ne disposez pas de cette panoplie de couleurs, quelques impasses sont possibles !
Mais par sécurité, il est bon de respecter au moins les trois types majeurs de couleurs suivants :

- ✓ fil noir : masse, retour 0 V des alimentations,
- ✓ fil rouge : toutes les hautes tensions continues (DC) présentes dans l'équipement,
- ✓ fil autre couleur : les autres signaux ou tensions.

La jauge minimum des fils (section du conducteur) doit être respectée afin de garantir la qualité du transport du signal et d'éviter tout risque d'échauffement des fils.

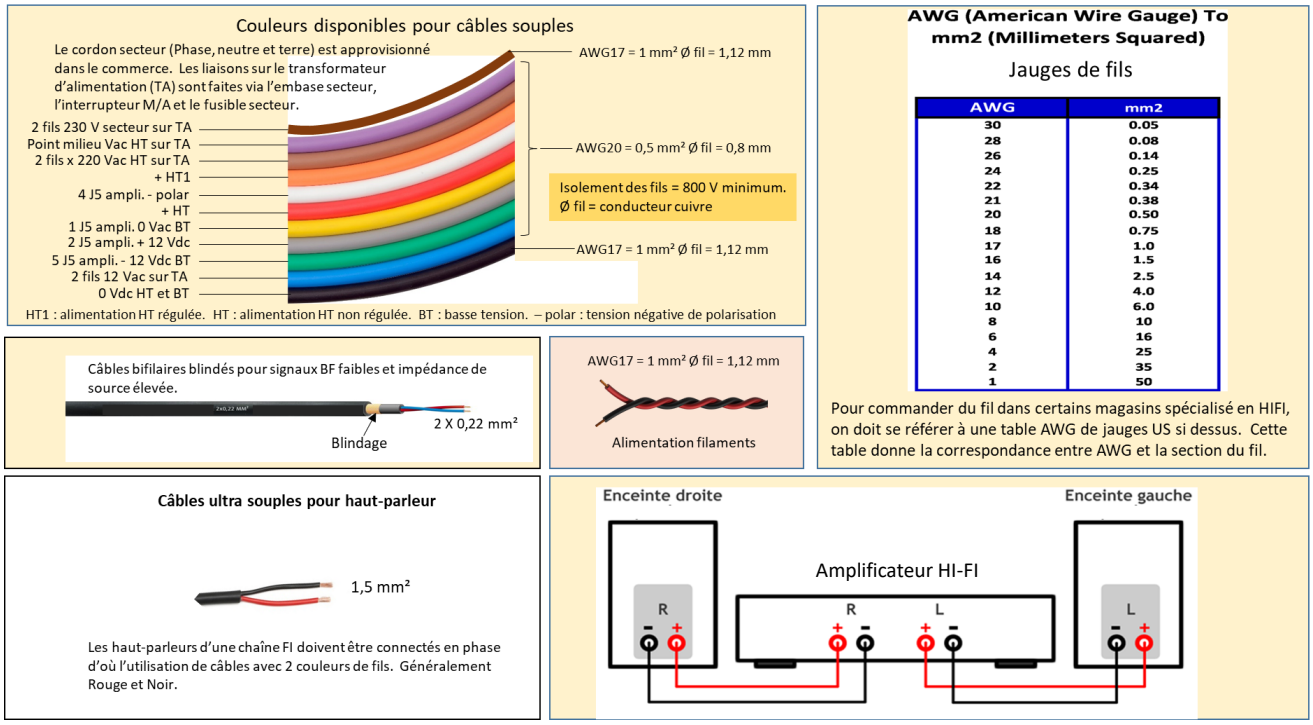


Figure 006 – Les différents types de fils et câbles utilisés pour les raccordements entre les modules et pour le branchement des enceintes acoustiques.

II.5.4 – Les transistors, régulateurs et diodes

L'implantation des composants actifs est assujettie au respect d'un sens de montage, d'une polarité. Sinon, gare aux destructions de l'élément mal monté et peut-être aussi d'autres composants, en conséquence des désordres créés par la mauvaise manipulation.

La figure 007 exprime clairement le repérage et le sens de montage de tous les composants actifs utilisés dans les différents modules d'alimentation et d'amplification de puissance.

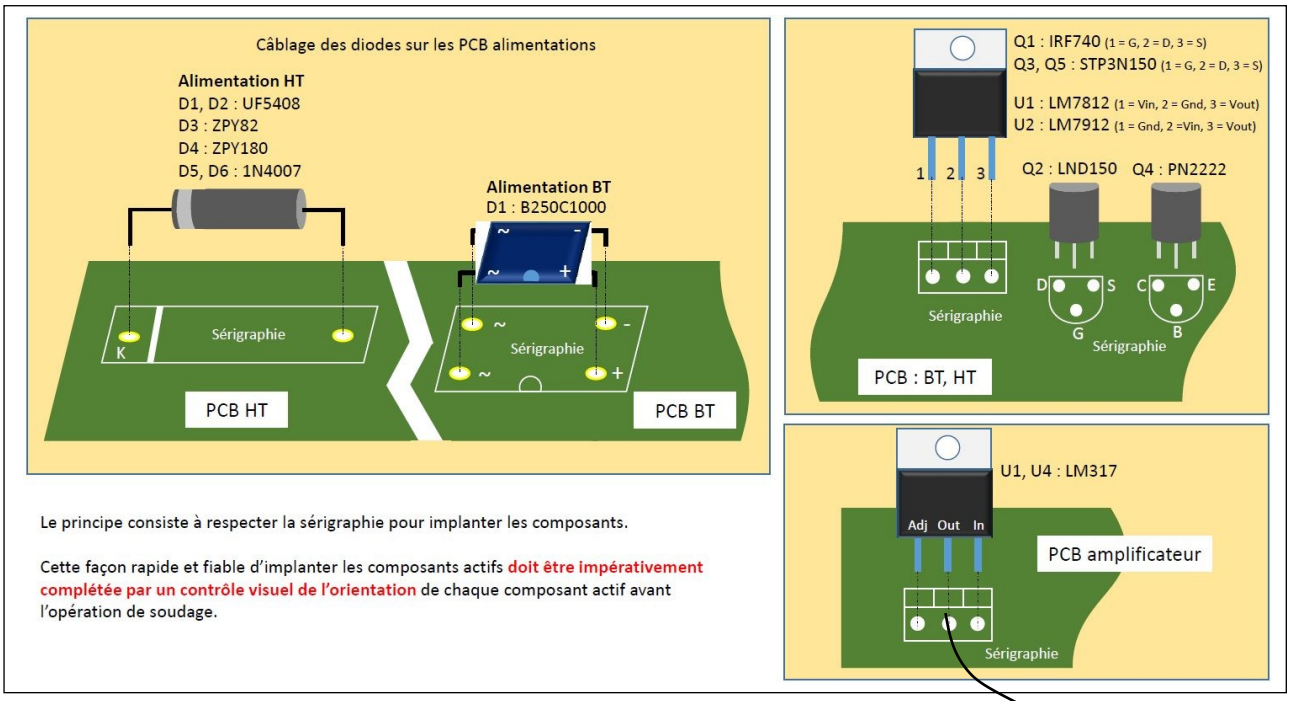
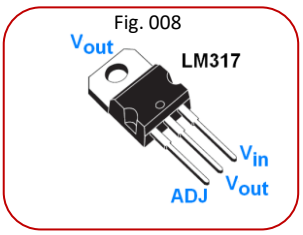


Figure 007 – Repérage des polarités et du sens de montage des composants actifs.



III – ANNEXES

III.1 – DISPOSITIF ET MÉTHODE DE DÉCHARGE DES CONDENSATEURS

Lorsqu'on s'apprête à travailler (soudures, câblage des raccordements inter modules, réglages, etc.) sur le châssis de l'appareil, la première action « réflexe » consiste à systématiquement débrancher la fiche secteur du réseau.

Même si plusieurs jours se sont passés depuis la dernière mise sous tension de l'amplificateur, il est fort possible que la haute tension emmagasinée dans le condensateur principal de filtrage (C1 du module d'alimentation HT) soit encore suffisamment élevée pour s'avérer dangereuse.

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

III.1.1 – Repérage du point de décharge

Sachant que toutes les tensions élevées délivrées par le module d'alimentation HT (HT principale, HT secondaire stabilisée, HT des écrans) sont générées à partir de la haute tension principale filtrée par C1, on est donc assuré qu'après la décharge de ce condensateur, toutes les autres tensions seront ramenées proche de 0 V.

Mais une fois C1 monté sur le circuit imprimé et le module installés dans le châssis, il n'est pas simple de repérer et d'accéder à la sortie HT principale, sans approcher dangereusement ses mains du circuit...

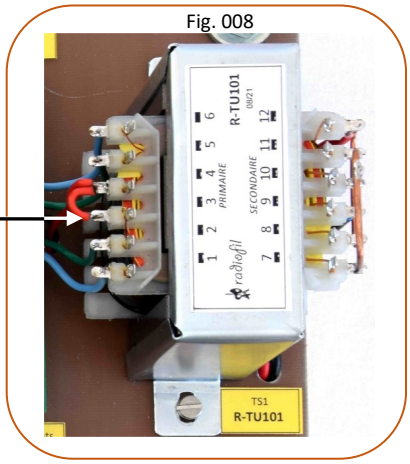
Il est donc prudent de repérer un endroit plus accessible. C'est assez simple, sachant que la haute tension principale alimente directement les anodes des tubes du push-pull de chaque module d'amplification, via le transformateur de sortie.

Cette haute tension est câblée sur le point milieu des enroulements du primaire du transformateur (figure 008).

R-TU101

La haute tension principale est câblée sur les cosses 3 et 4 du primaire du transformateur de sortie (fil rouge).
C'est indifféremment sur l'une de ces deux cosses que se situe le point le plus accessible pour une décharge sécurisée du condensateur C1.

Fig. 008



IV.1.2 – Méthode de décharge de C1

Préparer la résistance de décharge.

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

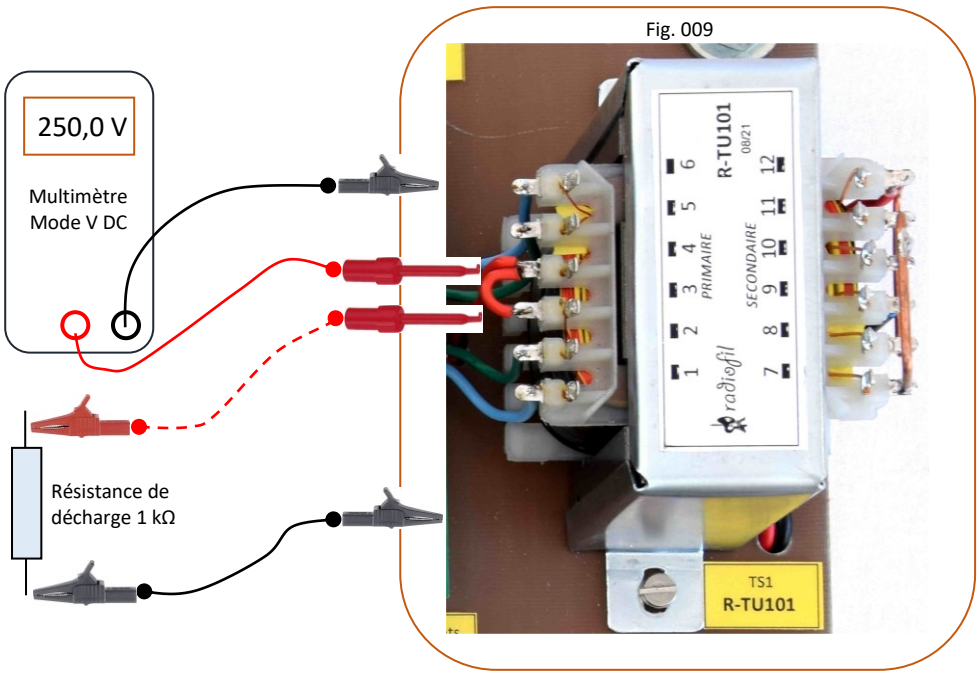
Ce n'est guère critique et si la valeur oscille entre 1 kΩ et 5 kΩ, en fonction des disponibilités de fond de tiroir, ce sera parfait.

Ensuite, prendre le 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 de l'amplificateur (partie métallique) à l'aide de la pince crocodile.
Avec l'autre cordon de mesure (rouge) équipé 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 la cosse 3 ou la cosse 4 du transformateur de sortie R-TU101. Avec une main derrière le dos, toujours !!!
Contrôler la valeur de la tension. Si elle est supérieure à 5 VDC c'est que C1 doit être déchargé.
Si la mise hors tension de l'amplificateur a été effectuée à l'instant, la tension affichée pourra dépasser les 250 VDC.

Suivant l'illustration de la figure 009, raccorder 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 (représenté en pointillé sur la figure 009) équipé banane + croco isolée d'un côté et par d'un grip-fil isolé au moins à 1 000 V, de l'autre.

Avec la main qui n'est pas derrière le dos (…) toucher franchement la cosse 3 ou la cosse 4 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.
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, contrôler que la résistance 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 et l'autre extrémité de la résistance de décharge.
Il est maintenant possible de travailler sans crainte dans le châssis. Avec ses deux mains !

Fig. 009



III.2 – DOCUMENTS RELATIFS AU PROJET AMPLIFIL MKII

L'amateur trouvera ci-après la liste des documents d'étude, de mesure et de réalisation de l'amplificateur Amplifil, pure classe A.

Chacun des documents est disponible au téléchargement, en cliquant sur le lien correspondant au sujet souhaité.

Étude et prototypage :

- Plans usinage châssis et face avant
- Faces avant et arrière : nomenclatures
- Ossature et coffret

Mesure :

- Qualification de la maquette

Notice de câblage, de montage et de mise en service :

- Partie 1 - Sécurité et outillage
- Partie 2 - Kits alimentations BT et HT
- Partie 3 - Kit amplificateur de puissance
- Partie 4 - Kit récepteur Bluetooth
- Partie 5 - Montage et câblage général inter module
- Partie 6 - Test et mise au point

IV – GLOSSAIRE

Signification des conventions et abréviations utilisées dans cette notice (classement par ordre alphabétique).

Ax : Anode du tube n°x
Cx : Condensateur (capacité) n°x
FAR : Face arrière
FAV : Face avant
G1x : Grille 1 du tube n°x
G2x : Grille 2 du tube n°x
GND : Masse électrique
Jx : Connecteur de raccordement n°x
Kx : Cathode du tube n°x
HP : Haut-parleur
HT : Haute Tension
Px : Potentiomètre n°x
Rx : Résistance n°x
RVx : Résistance variable n°x
TAx : Transformateur d'alimentation n°x
TPx : Point de test n°x
TSx : Transformateur de sortie n°x

Ux : Composant actif n°x : transistor, régulateur, etc.
VAC : Tension alternative en volt
VDC : Tension continue en volt

Le repérage des câbles et des éléments divers au sein des figures et illustrations est indiqué comme suit :
Exemple : 006-A : fil repéré A dans la figure n° 006.

Vous ne connaissez pas encore l'association **Radiofil** ? Cliquez **ICI** pour en savoir plus.

Fin du document

Suivi des versions :
V1.0 : ébauche – 09/2021
V1.01 : version bêta – 10/2021
v.1.02 : corrections relecture DWK– 10/2021
v.1.03 : corrections relecture LR – 11/2021
v.1.04 : corrections des figures 4, 5 et 7 – GC – 11/2021
v.1.05 : corrections relecture JPW – 11/2021
v.1.1 : ajout cliché page de garde, ajout précision mousse GC page 10, remplacement figure 9 – 12/2021

Rédaction : DWK