

Une alimentation 50 V 1200 W économique, banc d'essais et améliorations

Jean-Matthieu Stricker F5RCT

édition du 3/03/2024

Alimenter un PA linéaire de forte puissance demande au moins 40 % de puissance en plus que le PA peut délivrer à sa sortie, rendement oblige. Ainsi pour 600 W HF l'alimentation devra fournir au moins 1000 W sous une tension de l'ordre de 50 V. Les alimentations à découpage offrent un rapport poids volume intéressant mais à quel prix ? Une alimentations professionnelle vaut au moins 400 € pour un modèle au normes. Il reste la solution de se rabattre sur une alimentation de serveur, mais celles-ci sont souvent longues et encombrantes. A côté de cela, on voit passer des offres alléchantes pour des alimentations d'importation à moins de 70 €. Nous allons voir en détail ce que cela vaut entre bonne affaire ou arnaque ?

Intéressons-nous à l'alimentation 1200 W 48V de marque Meishile modèle S-1200-48
En vente sur Ailexpress :, boutique « Plant light factory Store », prix approximatif 68 €

A première vue, en **figure 1**, le produit semble de bonne qualité : tôle brillante et impeccable, beau bornier, dimensions acceptables pour l'intégrer dans le boîtier du PA. Mais, une première surprise sur une petite étiquette jaune collée sur le capot précise qu'il ne faut pas la charger à plus de 80 % en régime permanent ! Cela ne pose aucun problème pour un usage radioamateur en régime intermittent. Choisir un modèle 1200W pour un PA qui en consommera 1000 W au maximum laisse un peu de marge. Voyons de plus près ce qui se trouve sous le capot...



Figure 1 : L'alimentation 1200W présentée dans cet article.

Présentation technique :

De dimensions 125 x 241 x 65 mm, elle peut être montée à plat ou sur le côté le plus long fixée par trois filetage M4.

A l'intérieur on reconnaît la structure en demi-pont en H (comme les alimentations ATX de PC) avec une capacité non polarisée qui se trouve en série avec le primaire du transformateur sur noyau ferrite (**figure 2**). On remarque aussi la forte inductance torique de lissage du courant avant les condensateurs de sortie. Cette structure est adaptée à des puissances allant jusqu'à plus de 3 kW.

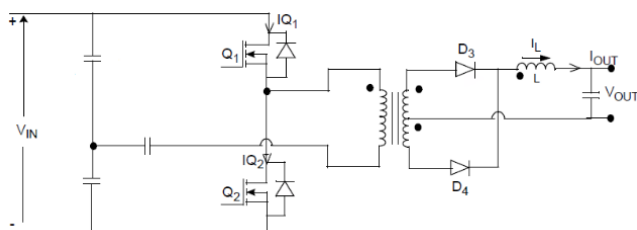


Figure 2 : Structure en demi-pont en H.

Sur le flanc du boîtier, en figure 1, se trouve le sélecteur 115/230V qui configure le redresseur en doubleur de tension en 115 V. Ce commutateur n'a aucune utilité en Europe et peut être enlevé lors des modifications.

Première déception sous le capot en **figure 3**, l'entrée 230 V ne possède pas de PFC (power factor corrector) qui rend le courant sinusoïdal ! La tension secteur est redressée directement puis filtrée par 2x 1200 μ F en série ! Le redressement direct du secteur n'est valable que pour les alimentations de petite puissance. A pleine charge, la forme du courant sur le secteur est impulsionnelle et génère un taux d'harmoniques élevé ! De telles pointes de courant augmentent les pertes dans les lignes du secteur, et surtout rend l'alimentation non recommandable sur un groupe électrogène !



Figure 3 : vue d'ensemble de l'intérieur de l'alimentation.

On distingue un relais qui shunte les PTCs en amont pour limiter le courant d'appel des condensateurs en aval du redresseur au moment de la mise sous tension. Pourquoi avoir mis des PTCs alors qu'elles sont shuntées en quelques secondes par un relais ? Une résistance de puissance aurait suffi ! Si on dépasse la puissance maximale, l'alimentation s'arrête automatiquement. Pour la relancer, il faut couper le secteur pendant une minute le temps de que le relais retombe (décharge des condensateurs du primaire).



Figure 4 : Filtrage de la sortie 48 V.

La sortie 48 V est réglable en tension par un trimer à côté de la LED du bornier. Une puissance de 1200 W donnerai 25 A, mais « la petite étiquette des 80% » limiterai le courant permanent à 20 A. Le filtrage est assuré par trois condensateurs de 1000 μ F 63V en parallèle près des bornes de sortie (**figure 4**). La marque *ChongX* purement chinoise est de qualité controversée sur les avis récoltés sur l'internet : des acheteurs de ces condensateurs se retrouvent avec du rebus ou de la mauvaise qualité ! A vide, la LED verte en sortie reste allumée pendant 2 min après la mise hors tension !

Près des transistors du primaire, on distingue un petit transformateur de courant pour une limitation en puissance au primaire. Cette limitation se règle par le trimer à côté du connecteur du ventilateur. Le circuit

Avec une lame, dégager la colle de silicone blanche sur le connecteur du ventilateur. Retirer le connecteur avec une pincette en prenant garde de ne pas heurter le condensateur aluminium de la carte de régulation (**figure 7**).



Figure 7 : Extraction du connecteur du ventilateur.

Lors du remontage, on commencera par visser le circuit imprimé au châssis avant de presser les transistors avec la plaquette. On ne manquera pas de remettre la feuille d'interface thermique qui sert aussi d'isolant !

Modification du circuit de commande du ventilateur :

La commande du ventilateur par la température est très simplifiée comme sur les alimentations ATX de PC. L'alimentation auxiliaire fournit une tension de 17 V pour un ventilateur de 12V ! Attention, cette alimentation et le ventilateur sont au potentiel du secteur ! En **figure 8**, les transistors Q1 TIP127 (le gros en boîtier TO-220) et Q2 le 8050 (transistor NPN quelconque en boîtier TO-92) constituent le circuit de commande. La CTN qui se trouve dans le radiateur des redresseurs voit sa résistance diminuer avec la température, ce qui fait conduire peu à peu le transistor Q2. Pratiquement tout le courant collecteur de Q2 passe par la base de Q1. Comme Q1 est un transistor Darlington, son gain en courant multiplie par 1.000 le courant de Q2 ! Ce gain en courant élevé provoque un enclenchement du ventilateur en tout ou rien. D'origine la diode D2 est une 1N4148 qui ne sert à rien puisque la jonction base-connecteur en possède déjà une !

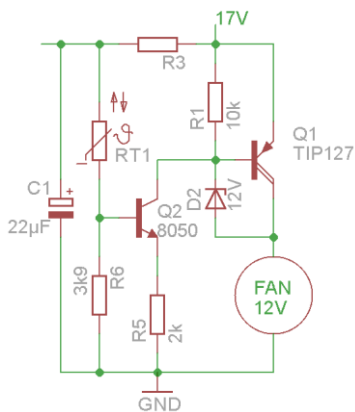


Figure 8 : Schéma du circuit de commande du ventilateur

On peut facilement activer le ventilateur au ralenti en permanence et le déclencher à plein régime avec la température. L'emplacement de D2 devant le transistor de puissance (en **figure 9**) permet de mettre une diode Zener afin que Q1 se comporte comme une diode Zener de puissance. Ainsi pour une diode D2 de 12V (BZX55C12), la tension entre émetteur et collecteur de Q1 vaut un volt de plus que la Zener. Par ce montage, le ventilateur voit une tension de $17 - 13 = 4$ V, il tournera au ralenti tant que la température est basse ; et à plein régime en cas de dépassement.

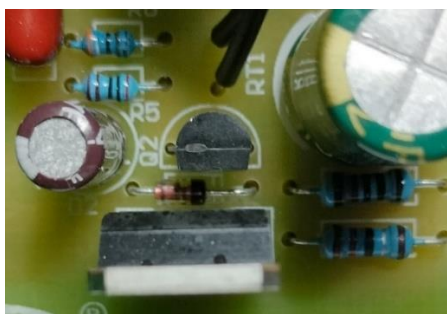


Figure 9 : Vue d'ensemble du circuit de commande du ventilateur.

Une deuxième variante permet de réduire la tension à plein régime à 12,5V. Pour cela, une diode Zener de 3,3V 1W (BZX85C3V3) est insérée en coupant la piste de l'émetteur de Q1 (**figures 10 et 11**). Puis D2 est remplacée par une Zener de 6,8V (BZX55C6V8) pour le fonctionnement au ralenti à 5,4 V. Si l'on est gêné par le bruit, on peut encore baisser la tension de ralenti par une diode de 7,5 V à 8,2 V, ce qui donnera un minimum de 4,0 V sur le ventilateur.

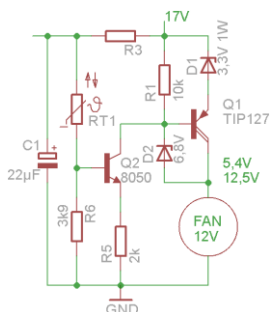


Figure 10 : Schéma modifié du circuit de commande pour 12,5 V sur le ventilateur



Figure 11 : Modification sous Q1 pour 12,5V.

Améliorations de la compatibilité électromagnétique :

La mesure à l'analyseur de spectre avec une sonde de courant HF (tore clipsable avec 10 spires) montre un niveau de bruit important sur le câble secteur dans la bande HF, particulièrement entre 10 et 20 MHz. En réception avec une antenne dipôle à 5 m de la zone d'essais, l'alimentation fait un bruit important allant de S5 à S8 !

Un examen du circuit imprimé montre que le filtre secteur interne entre le redresseur du primaire et le bornier fait défaut au niveau des capacités Y qui précèdent et suivent la self de mode commun : les capacités Y ne sont présentes que sur le pôle N avant et après l'inductance de mode commun !

La sortie génère aussi un courant de mode commun important car le pôle négatif est flottant par rapport à la masse du boîtier. Nous pouvons transformer la sortie pour le que pôle négatif soit à la masse du boîtier puis filtrer cette sortie en HF. Cette proposition réduit considérablement le bruit en mode commun mais le

Le courant continu de retour du PA peut passer par le châssis même si un fil de masse est présent vers la charge. Si les liaisons en courant continu au châssis sont excellentes, il n'y aura aucune conséquence. Par contre, si le conducteur négatif de retour est défaillant ou si la masse du PA n'est plus reliée au châssis, le courant peut prendre un chemin par les fils de contrôle et les gaines des câbles coaxiaux ! Ceci aurait pour conséquence d'endommager les circuits périphériques du PA !

Le premier schéma de la **figure 12** illustre ce cas avec le négatif de l'alimentation relié à la masse du châssis. Le courant de retour peut aussi bien circuler dans le fil négatif que dans le châssis, ou par les câbles coaxiaux !

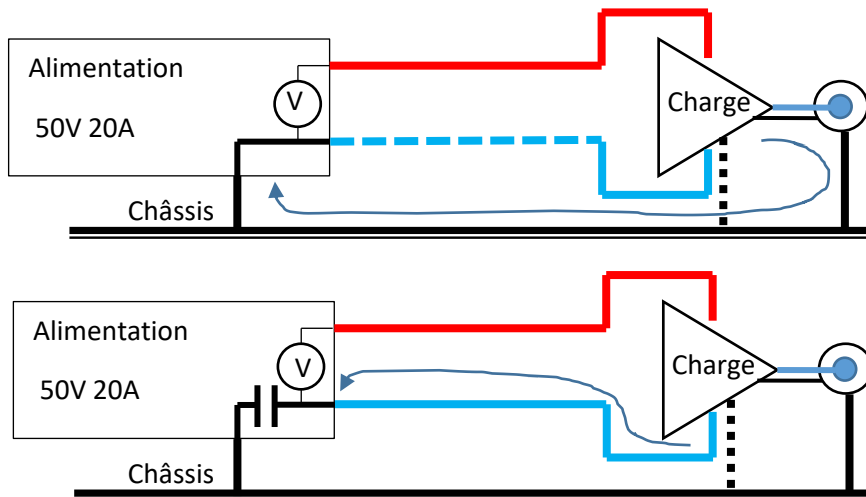


Figure 12 : Circulation du courant de retour avec liaison du négatif au châssis ou découplage HF par une capacité.

En mettant le négatif au châssis par un condensateur comme le montre le 2^e schéma de la **figure 12**, le courant continu ne peut que passer par le conducteur du pôle négatif de l'alimentation. Ce condensateur devra avoir une très faible impédance en HF à 1 MHz pour forcer les courants parasites à la masse. D'origine, c'est un condensateur Y de 2,2 nF soit une impédance de 72 Ω ; ce qui est nettement insuffisant. Comme nous n'avons pas besoin d'un isolement supérieur à 50 V, on peut augmenter la valeur de ce condensateur. Avec un condensateur de 1 μ F en céramique X7R 100 V, l'impédance HF tombe à moins de 0,2 Ω .

Amélioration des découplages :

Ajouter des capacités réparties sur la sortie et l'entrée secteur réduit considérablement le bruit. A priori on pourrait se dire que plus la valeur de la capacité est élevée, meilleure sera le filtrage sur toute la bande HF. En fait ce n'est pas le cas, l'impédance de tout condensateur diminue avec la fréquence puis au-delà d'une fréquence de résonance série, le condensateur se comporte comme une inductance qui rend son filtrage inefficace en haute fréquence !

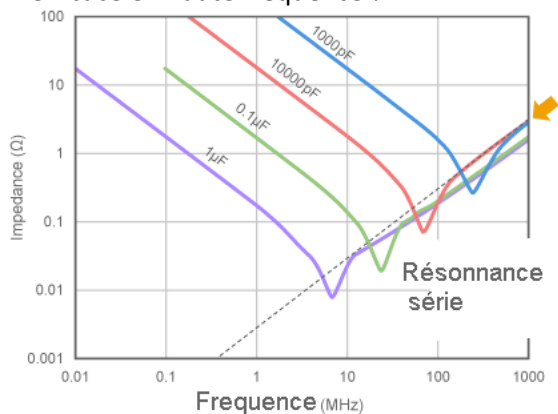


Figure 13 : Impédance en fonction de la fréquence pour un même type de condensateur pour différentes valeurs de la capacité.

Un condensateur est équivalent à un circuit résonnant série dont la partie inductive est presque toujours identique pour une technologie donnée. A titre d'exemple, la **figure 13** montre une inductance parasite de 0,5 nH pour un condensateur céramique multicouche de taille 0603. Pour différentes valeurs de capacités, la fréquence de résonance série présentera un minimum d'impédance. On peut très facilement sélectionner la meilleure valeur pour un domaine de fréquence en se servant des paramètres du constructeur ou en la mesurant à l'analyseur de réseau vectoriel (VNA). Ainsi pour mieux filtrer sur une large plage de fréquence, on mettra plusieurs condensateurs en parallèle avec des rapports de 10 entre les valeurs. Le bruit entre 7 et 21 MHz de cette alimentation sera maîtrisé par des valeurs entre 10 nF et 10 µF pour des condensateurs céramiques ou en film de polymère.

Côté alimentation 230 V, on devra prendre certaines précautions quant à la sécurité des personnes. La **figure 14** montre un exemple de filtre secteur. La double inductance est appelée self de mode commun ; elle est constituée de deux fils en mains bobinés dans la même sens sur un noyau de ferrite. Elle réduit les courants HF par rapport à la terre qui se propagent de l'appareil (à droite) vers le réseau (à gauche). C'est un peu comme si le câble le secteur se transformait en antenne par rapport à la terre ! Son inductance de l'ordre du mH agit dans le domaine de 100 kHz à quelques MHz. Les deux capacités Y mettent aussi les courants de mode commun au châssis pour former un filtre passe-bas avec la self de mode commun. La capacité X filtre le mode différentiel des courants HF (entre les fils L et N). Avec la self de mode commun, elle constitue un filtre passe bas par rapport à l'inductance différentielle qui est bien inférieure à l'inductance de mode commun. La valeur de CX se situe généralement entre 10 nF et 470nF.

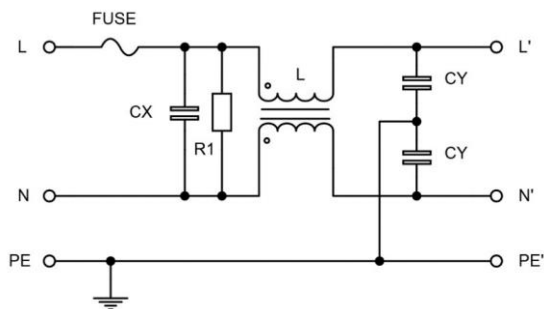


Figure 14 : Exemple de filtre secteur.

Voyons de plus près ce que sont ces deux familles de condensateurs X et Y. Tout d'abord, **les condensateurs de classe X** sont généralement connectés entre les lignes (entre phase et neutre). Ces condensateurs filtrent le mode différentiel, c'est-à-dire la différence de bruit entre les lignes. Un condensateur de classe X défaillant ne présente aucun risque de choc électrique pour l'utilisateur. Au contraire, la défaillance de ce composant provoque rarement un court-circuit. Une rupture de l'isolant brûle les armatures métallisées, et fait baisser la valeur de la capacité. Ces condensateurs sont réalisés à partir de film de polyester ou polypropylène métallisés sous vide. Dans le cas le plus défavorable, un court-circuit ouvre le fusible, ce qui met l'appareil hors tension. Sa valeur se situe couramment entre 10 nF et 470 nF pour filtrer les parasites de commutation d'une centaine de kHz à une dizaine de MHz.

En revanche, **les condensateurs de classe Y** sont généralement connectés entre la ligne et la terre. Un condensateur Y défaillant peut activer le disjoncteur différentiel, et le risque de choc électrique est élevé puisque le potentiel du secteur peut se retrouver au châssis de l'appareil. Pour une installation correcte, le disjoncteur différentiel sautera et protégera l'utilisateur. Ces condensateurs sont censés résister à des surtensions pouvant atteindre 5kV. Ils filtrent le bruit en mode commun, c'est-à-dire la différence de bruit des deux lignes prises ensemble avec la terre, ici la masse du châssis. Ils ont souvent des valeurs entre 1 et 10 nF, au-delà le courant de fuite à la terre peut déclencher un disjoncteur différentiel de 30 mA !

Le filtre secteur interne de cette alimentation peut être amélioré. Pour cela, dessouder les deux capacités céramiques bleues (2,2 nF Y) de part et d'autre du relais en **figure 15**, ainsi que celle qui se trouve à côté de

la LED verte en **figure 16**. Remplacer cette dernière par 0,22 μF 100 V MKS4 WIMA (capacité en film de PET), ou une autre capacité en film de polyester (MKT) ou polypropylène (MKP) de 0,1 à 0,33 μF 100 V au pas de 10 mm.



Figure 15 : Capacités Y du filtre secteur à dessouder



Figure 16 : La capacité Y de sortie est remplacée par 0,22 μF .

Former les pattes des capacités bleues pour les souder à plat. Souder ces capacités comme sur la figure 16. La capacité de droite ne doit pas dépasser le bord de la platine pour ne pas l'endommager ni provoquer de court-circuit contre la tôle du châssis. On ajoutera une capacité Y de 4,7 nF en parallèle sur l'entrée secteur pour diminuer le bruit en mode différentiel dans la plage 20 à 50 MHz.

Sur la **figure 17**, ne pas tenir compte de la piste coupée, d'autres essais ont été effectués en ajoutant une petite self de mode différentiel avant et après le redresseur, mais aucune amélioration n'a été constatée. Souder trois capacités céramiques 4,7 μF 100V X7R ou X5R aux emplacements montrés la photo. Souder deux capacités céramiques de 100 à 220 nF 200V 1206.

Des valeurs comprises entre 0,22 μF et 10 nF 100V seront réparties de façon qu'elles soient bien plaquées contre le circuit imprimé. Le condensateur de 10 nF à droite se retrouve en parallèle avec le 0,22 μF de l'autre face.

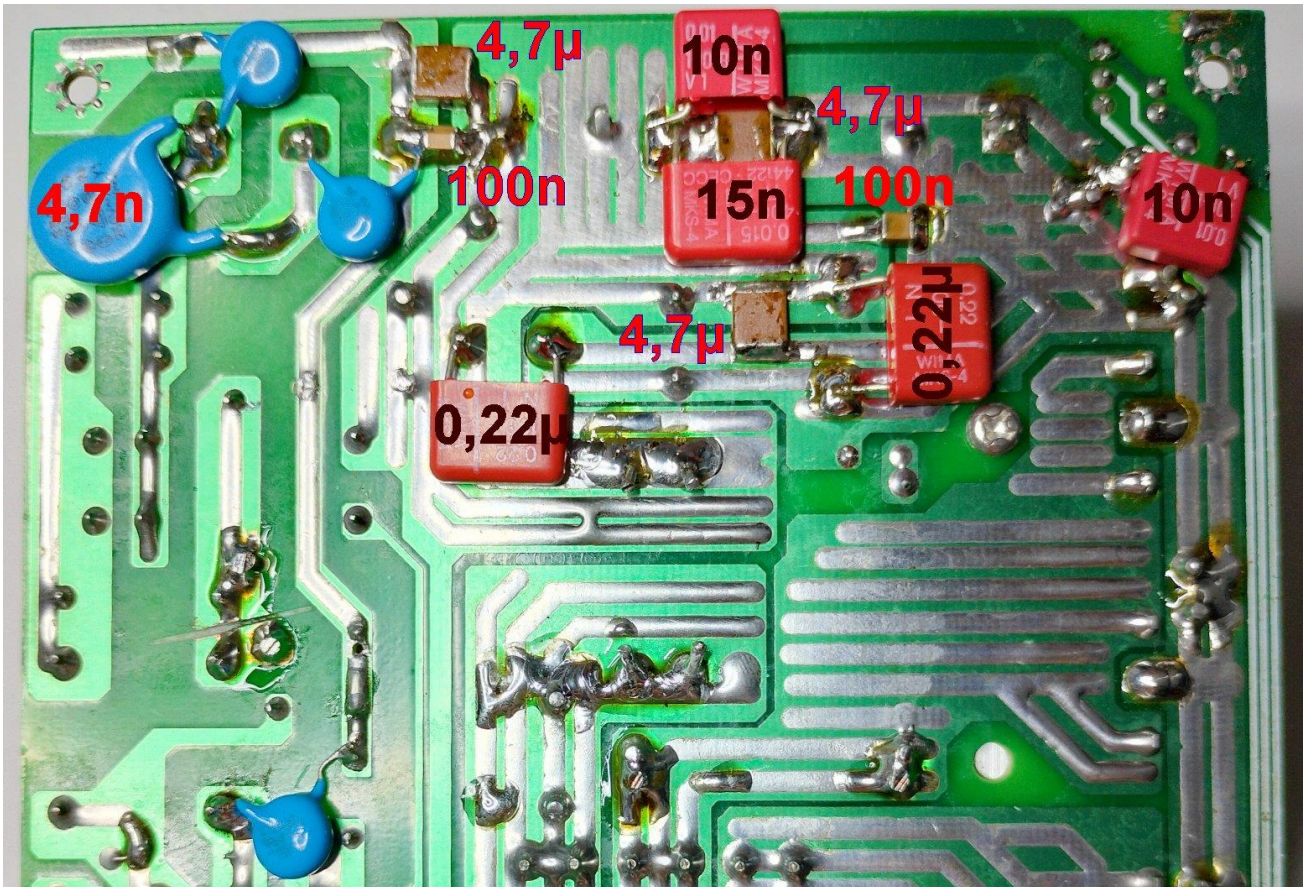


Figure 17 : Modifications du filtrage secteur à gauche et du filtrage de sortie au centre.

Réduction du rayonnement du boîtier :

Le boîtier est formé de deux parties, un châssis en aluminium et un couvercle en tôle d'acier. La jonction de ces deux parties peut être améliorée en collant de l'aluminium adhésif à l'intérieur du rabat au-dessus du bornier (**figure 18**).



Figure 18 : Application d'un film d'aluminium dans le couvercle.

En **figure 19**, une vis à tôle peut être ajoutée entre les deux glissières de verrouillage du capot. Percer l'ensemble avec un foret de 2 mm, puis ôter le couvercle pour agrandir le trou du châssis à 2,5 mm et le fraiser. Par la même occasion le passage de la vis qui maintient la plaquette pour presser les transistors a été adaptée pour une vis à tête fraisée.



Figure 19 : Ajout d'une vis de contact au boîtier.

Une ferrite de gros diamètre placée à l'entrée réduira le bruit en mode commun entre 10 à 30 MHz (**figure 20**). Ici le matériau de la ferrite n'est pas spécifié pour de la récupération, mais on préférera utiliser un matériau de perméabilité supérieure à 600 (matériau Fair Rite numéro 43). On passera les deux fils L et N deux fois au centre pour augmenter l'impédance dans la bande HF. Les fils sont maintenus par des colliers contre la tôle de l'alimentation puis longeront le fond du boîtier. Le fait de plaquer les fils contre la tôle du boîtier diminue la surface de boucle entre ceux-ci et le châssis, ceci réduit le rayonnement en mode commun. Le conducteur de protection PE (jaune/vert de terre) ne passera pas dans la ferrite, il cheminera le long du châssis à la prise d'alimentation IEC.



Figure 20 : Ajout d'un tube de ferrite de mode commun à l'entrée 230V.

Filtre secteur et interrupteur :

Des essais en émission conduite ont montré qu'un filtre supplémentaire s'avère nécessaire. Son rôle est de supprimer les parasites résiduels de l'alimentation et les rayonnements HF véhiculés sur le câble secteur. Un filtre sur prise IEC apporte d'avantage d'efficacité qu'un filtre posé au fond du châssis près de la prise (**figure 21**). Il assure une séparation HF au niveau de la paroi du coffret avec l'environnement extérieur. Si l'on devait câbler un filtre secteur en boîtier métallique, on prendrait soin de le placer au plus près de la prise IEC. De plus, les fils entre l'entrée et la sortie du filtre devront être bien séparés entre eux. Pour réduire le mode différentiel dans la bande HF, on soudera une capacité X de 10 nF directement aux bornes du filtre. Caractéristiques du filtre : Courant admissible : 6 A minimum, 10 A recommandé. $L = 2 \times 0,3 \text{ mH}$; $C_x = 0,1 \text{ }\mu\text{F}$; $C_y = 2 \times 3,3 \text{ nF}$.



Figure 21 : filtre secteur avec prise IEC.

L'interrupteur à voyant coupe les deux pôles pour une meilleure sécurité (**figure 22**). Le fils d'alimentation seront torsadés et plaqués contre le fond du boîtier. Ainsi, le rayonnement électromagnétique du PA et de l'alimentation se trouveront confinés dans le boîtier.

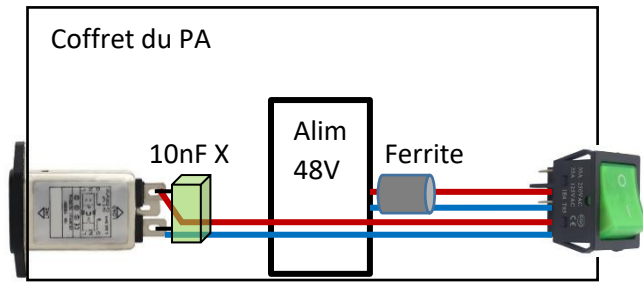


Figure 22 : Disposition du filtre et de l'interrupteur général.

Au cours des diverses modifications, le niveau relatif d'émission de l'alimentation a été comparé à l'analyseur de spectre avec une sonde de courant (ferrite tubulaire clipable avec 10 spires de couplage chargée sous 50 Ohms). Pour chaque modification apportée, le niveau de perturbation a été mesuré afin de vérifier l'efficacité. Un retour en arrière s'est imposé quand une modification n'apportait rien (on coupe l'herbe la plus haute en premier !). A titre d'exemple, les **figures 23 et 24** montrent le spectre entre 1 et 30 MHz en mode commun sur la sortie chargée par 300 W des résistances. Pour bien faire, il aurait fallu s'équiper côté secteur d'un réseau stabilisation d'impédance de ligne (line impedance stabilization network (LISN)) pour les mesures entre 150 kHz et 30 MHz telles que précisée dans la norme EN 55022 ou EN 55011.

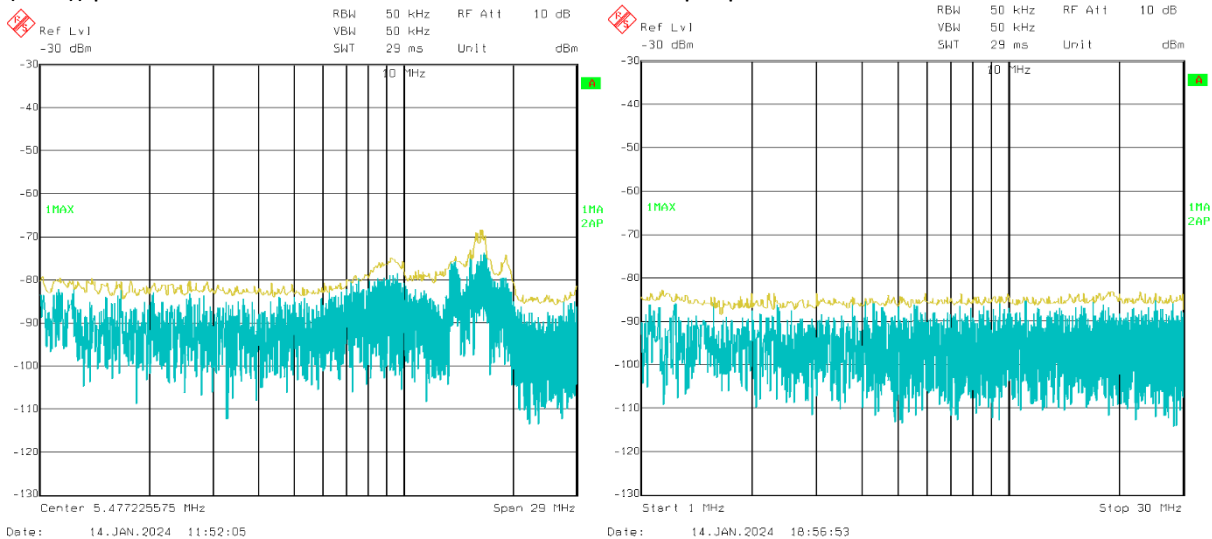


Figure 23 et 24 : Courant en mode commun sur la sortie avant et après modifications.

Pour conclure, choisir une alimentation asiatique pas chère, c'est surtout prendre le risque de perturbations électromagnétiques intenses. Mais relativisons, appliquée à un PA HF, cette alimentation émet peu de parasites en absence de charge pendant la phase de réception vu que la polarisation du PA est coupée ; c'est surtout cela qui sauve la mise ! En revanche, la tranquillité face aux parasites radio se paye par une alimentation de qualité ! Par exemple, l'alimentation HRPG-1000-48 de Mean Well revient à 360 €. Le redressement direct du secteur sans PFC limite l'usage de l'alimentation uniquement sur secteur et peut poser des problèmes de chute de tension sur un groupe électrogène. La commande du ventilateur modifiée pour un bas régime permanent permet de baisser la température des composants avant que le ventilateur ne s'enclenche à plein régime. Ceci ira dans le bon sens pour prolonger la durée de vie des condensateurs de sortie. L'utilisation en régime intermittent limitera l'échauffement global de cette alimentation. Pour ma part, cette alimentation prendra part dans le coffret de mon projet de PA HF de 600 W.

Liens utiles :

https://fr.aliexpress.com/item/1005002843829663.html?spm=a2g0o.order_list.order_list_main.17.21ff5e5b2gvCaR&gatewayAdapt=glo2fra

Filtre secteur : Aliexpress rechercher « emi filter socket »

Interrupteur : Aliexpress rechercher « 30A switch »