

Réalisez un duplexeur UHF/VHF hautes performances

La réalisation suivante s'adresse aux amateurs qui trafiquent sur les bandes 145 MHz et 435 MHz avec une antenne unique. Ce duplexeur possède à la fois une faible perte d'insertion et une isolation très élevée.

Principe d'un duplexeur :

Une antenne "ground-plane" quart d'onde sur 145 MHz peut résonner sur 435 MHz en harmonique 3 avec une résistance de rayonnement de 50 Ohms. De même les antennes colinéaires commerciales sont souvent prévues pour résonner sur plusieurs bandes. L'alimentation de ces antennes se fait par un câble coaxial unique. L'affaire n'est pas si simple, lorsque l'on veut raccorder deux émetteurs-récepteurs sur le même câble. Un commutateur coaxial entre les deux portes n'est pas la solution la plus élégante ; que se passe-t-il si l'antenne n'est pas raccordée à la station émettrice ? (bonjour les dégâts du côté du PA !).

Un duplexeur permet de raccorder deux postes sur la même antenne tout en respectant l'adaptation optimale de l'antenne pour chaque bande. Le terme duplex signifie "parler ensemble", en radio cela est possible tant que les fréquences ne sont pas les mêmes ! Le principe d'un duplexeur consiste à séparer les fréquences de chaque bande, c'est un genre de filtre aiguilleur !

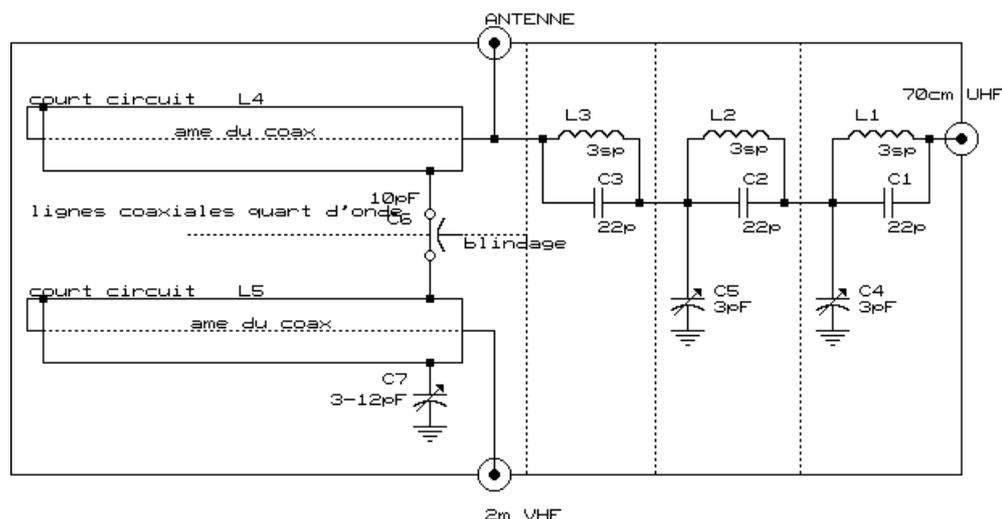


Figure 1 : Schéma du duplexeur

Le schéma d'un tel duplexeur est présenté en **figure 1**. Il y a trois voies distinctes : la première pour l'antenne (au milieu), la deuxième pour la station 70 cm (à droite) et la troisième pour la station 2 m (en bas). La structure des filtres fonctionne en réjecteur, c'est la solution qui bénéficie du minimum de pertes par rapport à un filtre passe bande ou passe bas/passe haut.

Sur l'entrée UHF, les circuits résonnants parallèles L1/C1, L2/C2 et L3/C3 sont accordés sur 145 MHz et présentent une résistance très élevée. Chaque

cellule atténuée la bande UHF de 25 à 30 dB. Aux fréquences UHF, ces cellules sont passantes, car l'impédance des condensateurs C1, C2 et C3 l'emporte sur les selfs correspondantes. Les capacités ajustables C4 et C5 servent à adapter l'entrée UHF à 50 Ohms. Ainsi, toute la puissance en UHF est transmise à l'antenne et l'isolation maximale est obtenue pour la bande VHF (voir **figure 2**).

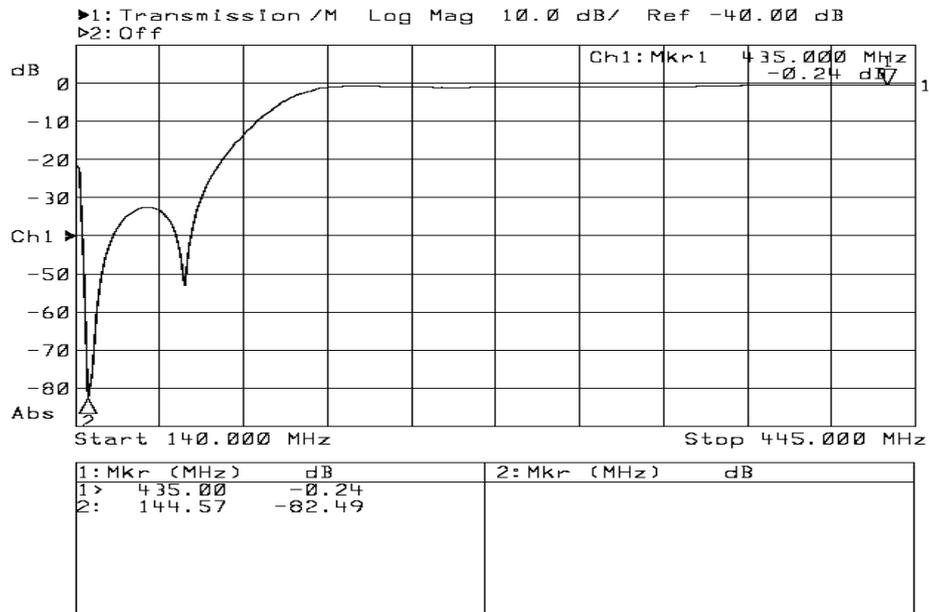


Figure 2 : Réponse en fréquence sur l'entrée UHF

Sur l'autre voie, c'est l'effet inverse qui est obtenu. Les lignes coaxiales quart d'onde (L4 et L5) sur 435 MHz ont des impédances très élevées aux extrémités opposées des courts-circuits. A 145 MHz, les lignes coaxiales se comportent comme des inductances. Avec les condensateurs C6 et C7, elles forment un filtre en T adapté sous 50 Ohms offrant le minimum de pertes à 145 MHz. La **figure 3** montre que les pertes sont insignifiantes à 145 MHz et l'isolation est maximale pour la bande 435 Mhz.

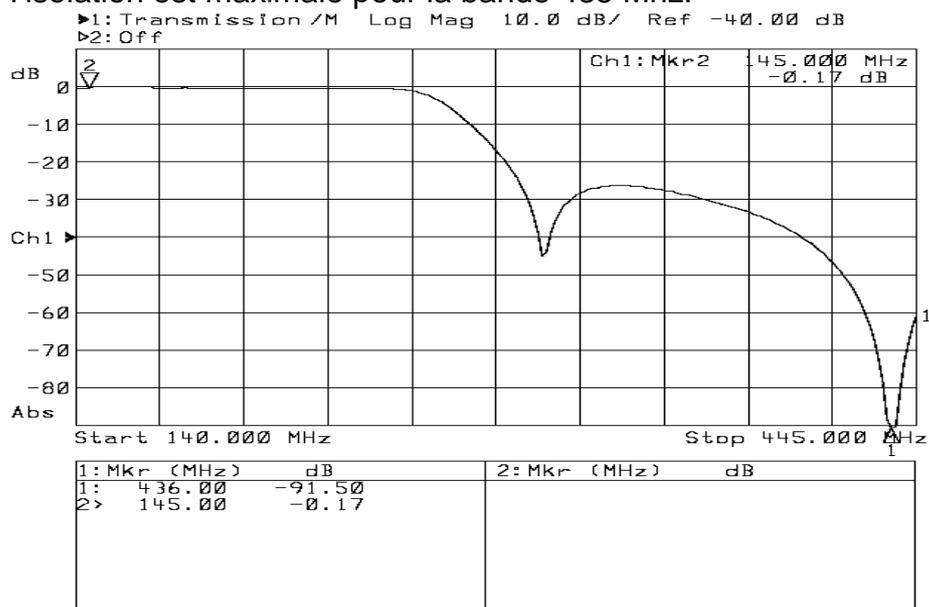


Figure 3 : Réponse en fréquence sur l'entrée VHF

Le tour est joué ! Le duplexeur sépare les fréquences avec le maximum d'isolation entre les voies. Comparé à un duplexeur commercial de fabrication japonaise, ce duplexeur est bien meilleur en isolation avec moins de pertes, comme le montre le tableau ci-dessous :

| | Notre duplexeur | Duplexeur commercial |
|---------------|-----------------|----------------------|
| isolation VHF | > 75 dB | 40 dB |
| isolation UHF | > 80 dB | 35 dB |
| pertes VHF | 0,20 dB | 1 dB |
| pertes UHF | 0,25 dB | 3 dB |

Réalisation pratique :

Ce duplexeur est davantage un travail de tôlerie que d'électronique ! Un travail propre suffit. Equipez-vous d'un fer puissant pour souder les cloisons sans "boulettes". Commencez par préparer les 4 cloisons (tôle de 0,2 à 0,5 mm) et percez les trous pour les traversées. Les lignes coaxiales méritent la plus grande attention.

Avec une petite scie à métaux, coupez un morceau de semi-rigide de 140 mm de long en finissant à la lime pour que les sections soient bien droites. Pour dénuder la gaine extérieure, faites une entaille avec un couteau "Opinel" en passant plusieurs fois tout autour ou bien utiliser une petite scie à métaux avec une lame fine. Dégagez avec une petite pince le morceau coupé sans écraser l'isolant en téflon (comme si vous coupiez une ampoule de médicament). Pour enlever l'isolant en téflon, il faut prendre un cutter bien tranchant et le passer sur tout le périmètre car le téflon est très résistant à l'étirement. Rabattre complètement l'âme du coaxial contre la gaine et faire une bonne soudure pour former le court-circuit du quart d'onde.

Préparez les selfs sur un forêt de 7 mm de diamètre. Attention, il y a deux selfs bobinées à droite comme un pas de vis et une à gauche. La meilleure façon de réussir une bonne bobine consiste à enrouler le fil à spires jointives sur le forêt, puis de passer un morceau du même fil entre les spires pour les écarter d'un espacement constant. En procédant ainsi la bobine sera pratiquement centrée sur 145 MHz et les retouches seront minimales (voir photo). Soudez les condensateurs de 22 pF sur chaque bobine.

L'assemblage du boîtier (après perçage) doit être parfaitement jointif : faites un assemblage du boîtier et mettez un point de soudure à l'extérieur de chaque flanc pour faciliter l'ajustage et les retouches. Les couvercles ne seront pas soudés mais doivent s'emboîter en résistant un peu. Soudez ensuite la plus grande cloison (A), puis les petites. Les trous des cloisons B et C sont vers le haut (les lettres sur les figures repèrent à la fois la face et le coin par rapport au plan d'assemblage). Ajustez toutes les pièces par quelques points de soudure avant d'appliquer un filet de soudure continu.

Soudez les embases N et BNC directement sur la tôle du boîtier (couper les picots de la BNC et limez ce qui reste avant de la souder). Attention, le point central des fiches peut faire court-circuit contre la tôle !

Collez les traversées en téflon dans les trous avec de la colle néoprène (Patex). Soudez les deux condensateurs ajustables en veillant à ne pas souder la vis avec ! Montez les bobines conformément au plan d'assemblage de l'entrée UHF à la sortie antenne. Dans le trou de la cloison D, soudez le condensateur de traversée (10 pF), ses pattes se soudent sur l'extérieur des coax semi-rigides.

Réglages :

Les OM équipés d'un wobulateur HF ou d'un analyseur de réseaux gagneront du temps au réglage. Mais on peut aussi régler le duplexeur à l'aide d'un TOS-mètre et d'une charge, ce dont tout radioamateur doit être équipé.

1) Reliez une antenne 2 m à l'entrée du duplexeur et un récepteur 2 m sur l'entrée 70 cm pour régler les réjecteurs L1, L2 et L3. Coincez un bout de fil argenté au milieu de L2 et L3 pour décaler leur résonance. Ecartez ou resserrez les spires de L1 pour que la réjection d'une station 2 m soit maximale. Sur un analyseur de réseau, cela se traduit par un creux que l'on réglera sur 145 MHz. Pour régler L2 et L3, on procède de la même manière en court-circuitant les selfs que l'on ne règle pas. Parfaire les réglages en reprenant la même procédure une seconde fois. Pour éviter l'influence des couvercles, on accèdera du côté le plus profond en ayant mis le couvercle opposé.

2) Raccordez une charge 50 Ohms sur la sortie antenne du duplexeur et un émetteur 70 cm (2 à 10 W) sur l'entrée 70 cm. Mettez les deux couvercles en place et réglez les condensateurs ajustables C2 et C4 au minimum de TOS-mètre sur l'entrée 70 cm. On mettra le potentiomètre de CAL du TOS-mètre au maximum, pour avoir la meilleure sensibilité en retour.

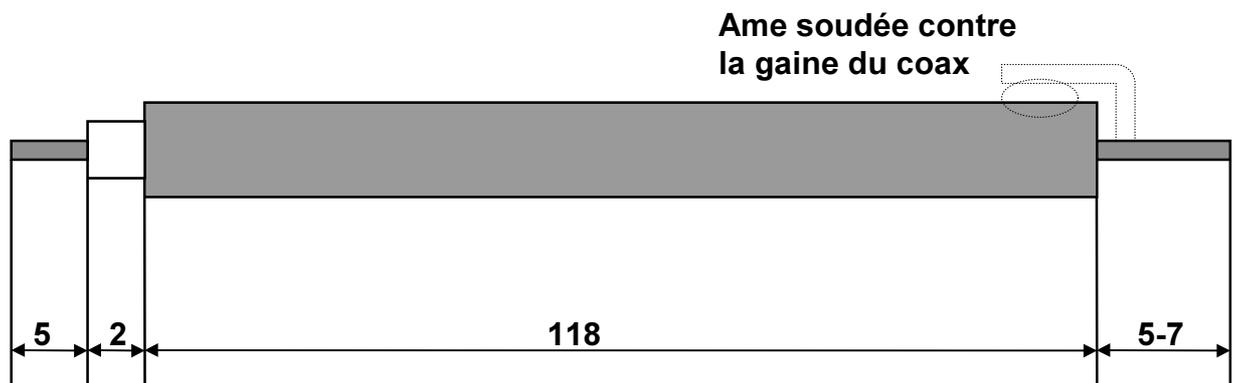
3) Raccordez un émetteur 2 m et TOS-mètre sur l'entrée 2 m du duplexeur et réglez C7 au minimum de retour. Le duplexeur est maintenant réglé. Les réjecteurs 70 cm ne se règlent pas, ils dépendent de la longueur des lignes coaxiales. Les dispersions varient peu d'une réalisation à l'autre. Les puristes pourront gagner encore quelques dB d'isolation sur la voie 70 cm en disposant une cloison supplémentaire à côté de C3 et C4.

Ce duplexeur équipe le relais transpondeur F5ZAW du Bas-Rhin. En mobile ou en fixe, on peut l'utiliser jusqu'à 100 W sans problème. Bon trafic de F5RCT !

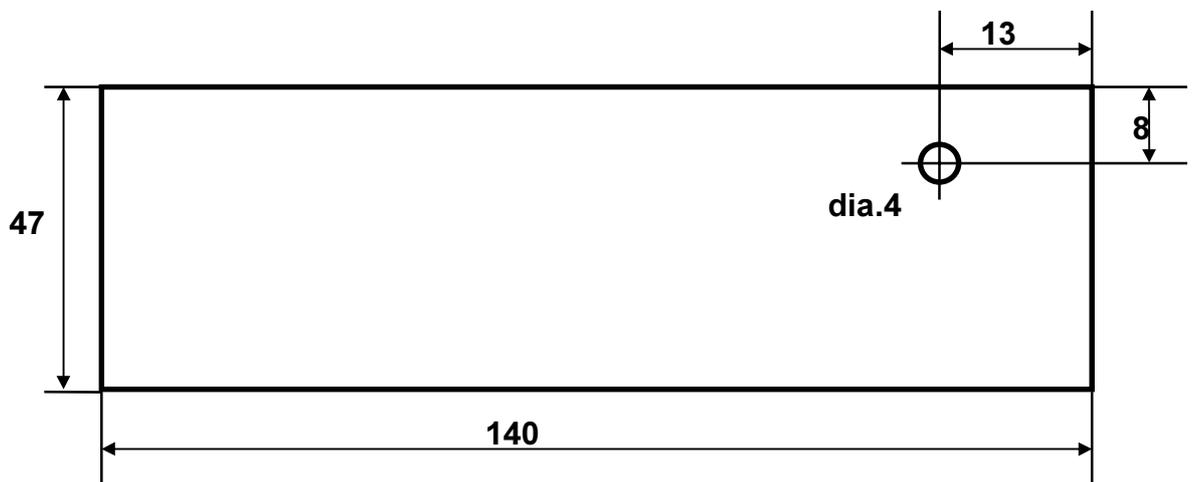
Liste du matériel :

| | |
|------------|---|
| L1, L2, L3 | 3 spires de fil argenté de 1,6 mm sur un diamètre de 7 mm |
| L4, L5 | 2x130 mm de coaxial semi-rigide PTFE 50 Ohms |

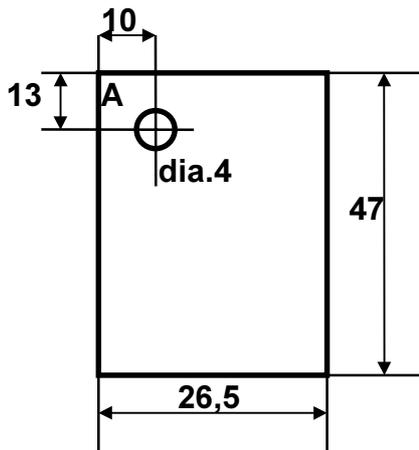
- C1, C2, C3 22 pF céramique
 - C5, C4 trimers céramiques tubulaires 3 pF
 - C6 condensateurs de traversée de 10 pF
 - C7 condensateur ajustable céramique de 3 à 12 pF
 - 2 BNC embase BNC à souder sur châssis
 - 1 N embase N "étroite " à souder sur châssis
 - 1 boîtier en tôle étamée de 55x148x50 mm
 - 1 bande de tôle de 47 mm de largeur et de 25 mm de long
 - 3 traversées isolantes en téflon
- Tout ce petit matériel se trouve chez Cholet Composants Tél. 02.41.62.36.70.



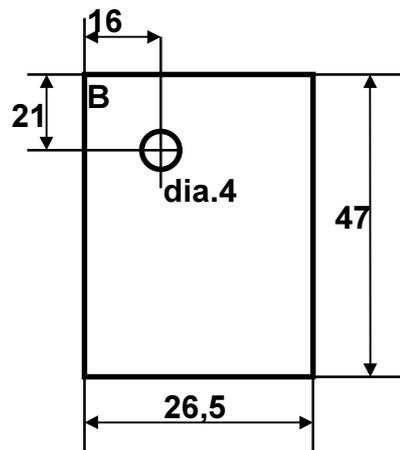
Ligne coaxiale semi-rigide



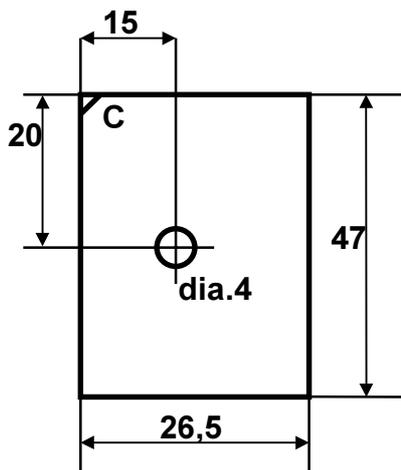
Cloison intérieure



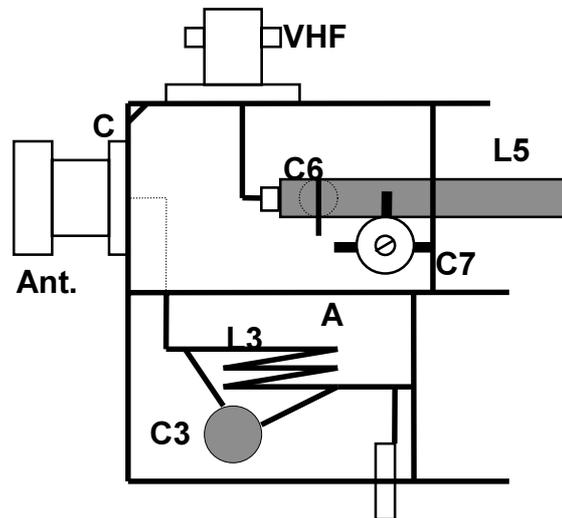
Cloison entre L2 et L3



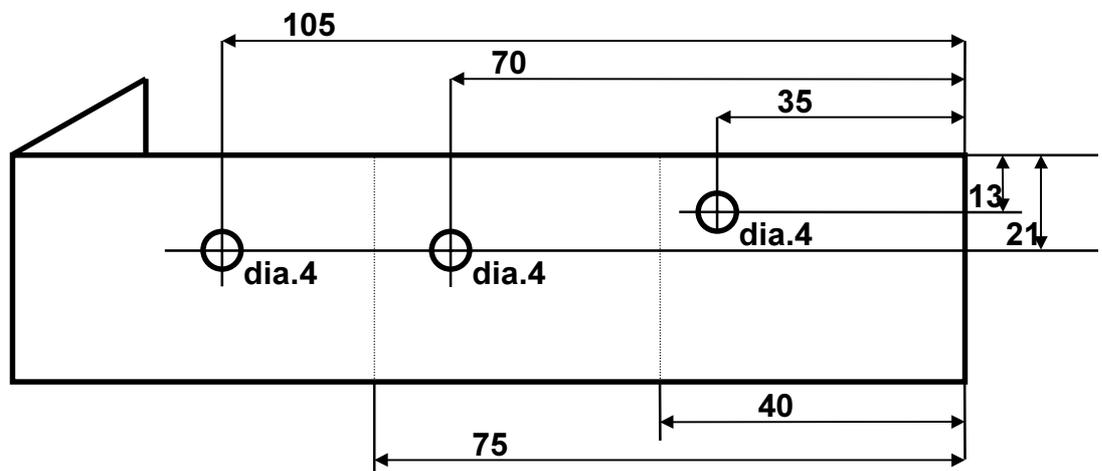
Cloison entre L1 et L2



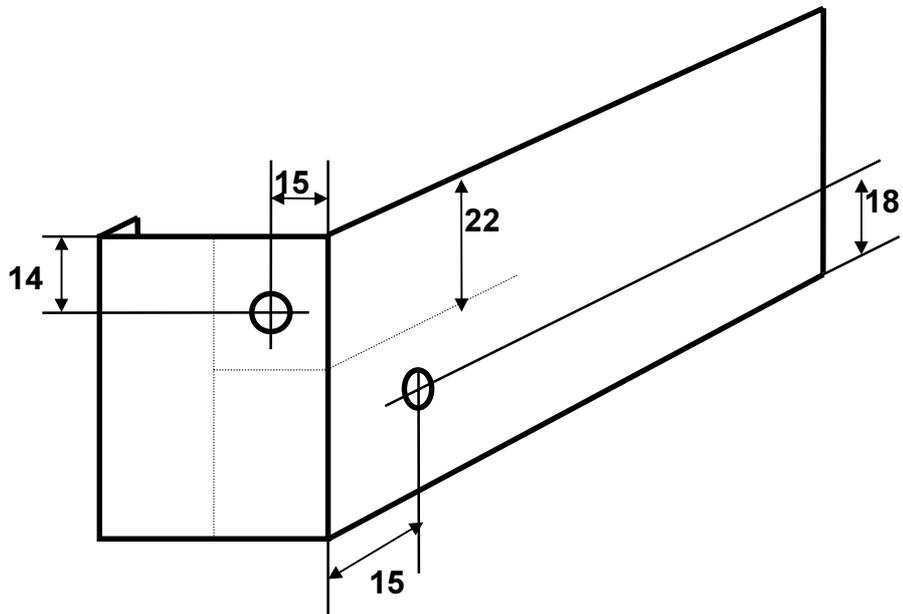
Cloison de C6
VHF



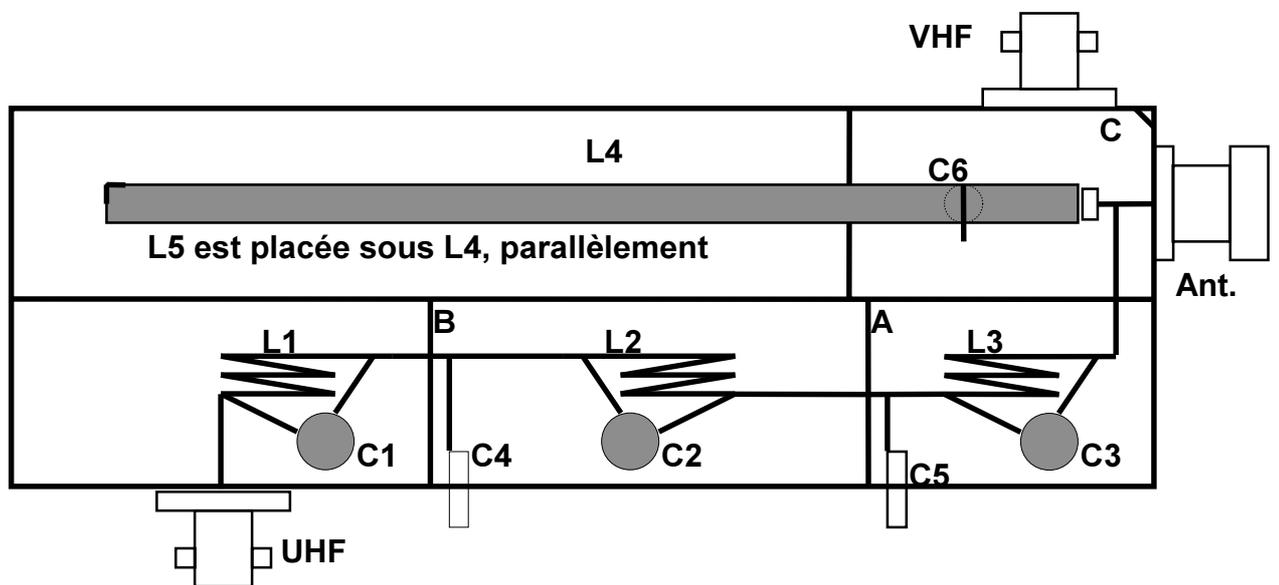
Détail du montage de C7 et L5 sur l'entrée
VHF



Perçage du boîtier côté UHF et C4/C5



Perçage du boîtier côté Antenne et VHF



Plan de montage général