

Circuit Flex ou coaxial fin pour passer une fenêtre ?

Jean-Paul Gendner F5BU - f5bu@orange.fr - site f5bu.fr

Introduction

Il y a déjà quelques temps, durant un QSO de section VHF du département 67, des OM, ayant reçu leur indicatif récemment, ont parlé de la difficulté de passer un câble coaxial par une fenêtre de manière permanente ou occasionnelle.

Dans mon jeune temps, les fenêtres n'étaient pas étanches, il y avait souvent plusieurs millimètres de jeu, ce qui laissait la possibilité de passer un câble en devant, au pire, limer quelques millimètres si besoin. Parfois, il fallait carrément percer un trou dans le dormant ou le cadre, mais cela ne posait pas de problème car il était en bois.

Aujourd'hui, les choses ont bien changé. Les fenêtres sont le plus souvent en PVC, avec ou sans armature métallique, quelques fois entièrement métalliques, et comportent toujours des joints d'étanchéité ne laissant normalement aucun jeu. Du coup, impossible d'y passer un câble, même de 5 ou 6 mm de diamètre.

Deux OM ont toutefois signalé qu'il était possible de trouver sur Internet des dispositifs étudiés pour cela, d'une épaisseur de l'ordre de 2 mm. Ce n'est pas beaucoup, mais ...

Je me suis alors demandé si l'utilisation d'un circuit Flex (circuit imprimé flexible disponible en 0,1 mm d'épaisseur chez mon fournisseur habituel de circuits imprimés) pourrait être une solution intéressante avec des fenêtres en PVC ne comportant pas trop d'armature métallique. Et pour avoir une réponse à ma question, le mieux était d'essayer !

Le circuit Flex

De nombreuses options étaient possibles. Ce que j'ai finalement retenu est un circuit Flex simple face de 21,5 cm de long et de 2,9 cm de large. Voir Fig.1.



Fig.1 Les trois circuits testés : Flex, Câble 1,9 mm et câble SR 5 mm

À chaque extrémité du circuit, il y a la possibilité de souder soit directement un câble coaxial fin dans l'axe du circuit ou perpendiculairement à lui ; soit un connecteur SMA bord de carte également dans l'axe du circuit, ou perpendiculairement à lui. Personnellement, j'ai utilisé des connecteurs SMA bord de carte en insérant et collant un morceau d'époxy de 1,6 mm d'épaisseur (du circuit imprimé sans cuivre, ou PVC, ...) au-dessous du Flex pour le rigidifier au niveau des connecteurs et assurer une meilleure solidité à l'ensemble. Voir Fig.3.

Un circuit du commerce

Afin de pouvoir comparer les résultats, j'ai également commandé un câble d'une vingtaine de cm de long Câble pio Coaxial RF de 50 ohms, Adaptateur BNC à BNC, pour Porte et Fenêtre chez JX Store. Épaisseur mesurée : 1,9 mm. Voir Fig.1.

Afin d'autoriser une certaine puissance, la largeur de la piste pour l'âme a été choisie de 10 mm. L'ensemble se comporte comme une ligne de transmission de type guide d'ondes coplanaire. Travaillant avec le logiciel de CAO Kicad, j'ai utilisé l'un des outils de calcul du logiciel pour déterminer l'isolation entre âme et masse pour avoir une impédance de ligne de 50 Ω . Voir Fig.2.

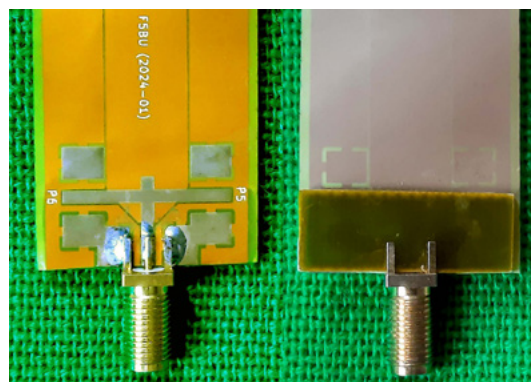


Fig.3 : Détails du montage d'un connecteur SMA bord de carte

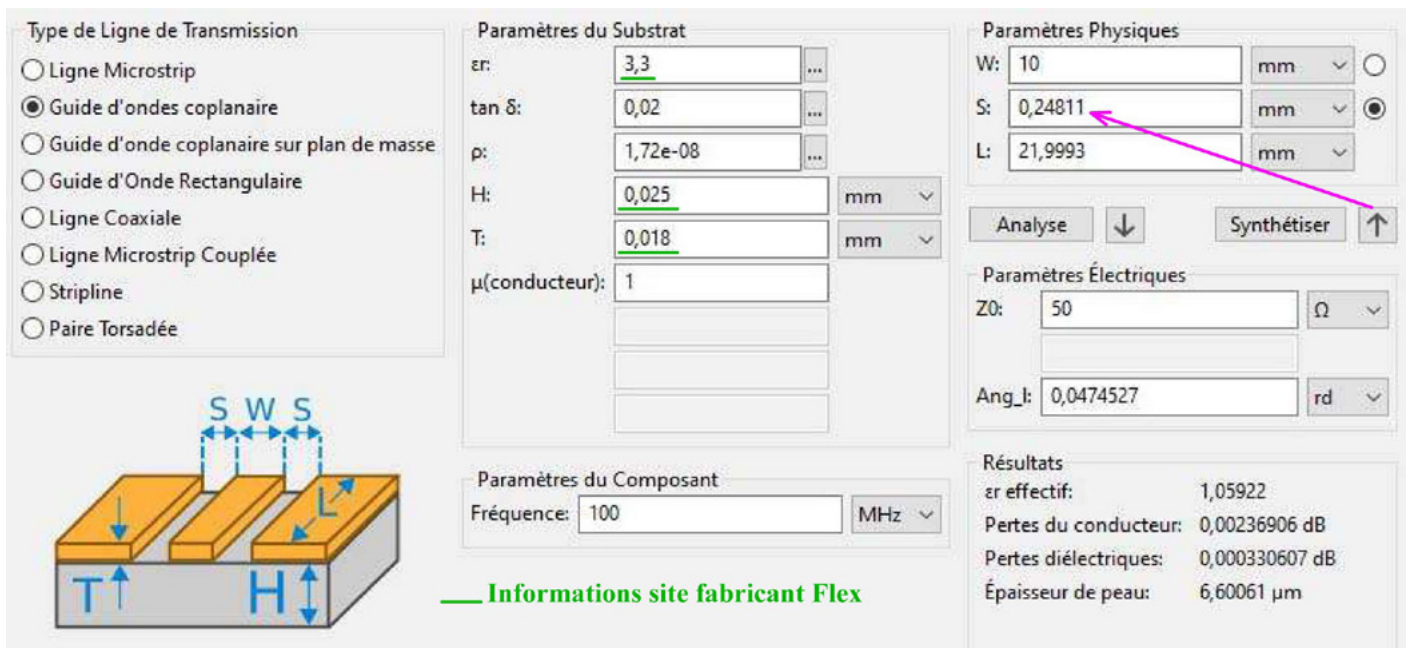


Fig.2 - Détermination de l'isolation S entre âme et masse.

Résultats

La Fig.4 montre sur un même graphique l'atténuation en fonction de la fréquence : en magenta celle du circuit Flex, et en brun celle du circuit commercial. En plus, à des fins de comparaison, il y a en bleu celle d'un câble semi rigide de 5 mm de diamètre et d'environ 28 cm de long ; et en vert la courbe de calibration du NanoVNA-F (V1.0.3, prêté par Michel FICLQ) ayant servi aux mesures.

On remarque que les courbes des trois circuits montrent des fluctuations un peu bizarres, relativement semblables au-delà de 50 MHz, et présentent un pic d'atténuation vers 500 MHz.

Attention toutefois, l'échelle est de 0,25 dB/division ! Du coup, toutes ces mesures étant effectuées les circuits en espace libre, j'ai également effectué des mesures avec mon HP8505A, et, les résultats étant différents, j'ai demandé à Michel d'effectuer les mêmes mesures avec son analyseur vectoriel HP8753C. Les courbes, encore différentes, sont représentées en pointillés. Les atténuations sont sans doute un peu trop faibles pour permettre des mesures très précises.

La Fig.5 redonne la courbe du circuit Flex en espace libre, une courbe pour le circuit commercial et deux courbes pour le circuit Flex lorsque les circuits traversent une fenêtre en PVC à armature métallique. Voir Fig.6. Comme on pouvait s'y attendre, il y a de petites différences selon la position du Flex. Impossible d'effectuer les mesures avec un autre instrument, trop difficile à placer près d'une fenêtre.

La composition de la structure de la fenêtre est sans doute un point important. Toujours est-il, que des essais réalisés à 145 MHz ont permis d'envoyer 100 W CW dans une charge résistive (voir Fig.7 et 8) durant deux minutes, sans constater d'effet sur le Flex, protégé par un film plastique contre la pluie. Des mesures avec un thermomètre infrarouge n'ont révélé que des différences de températures inférieures à 10°, alors qu'une partie du circuit était au soleil et l'autre à l'ombre au moment des mesures.

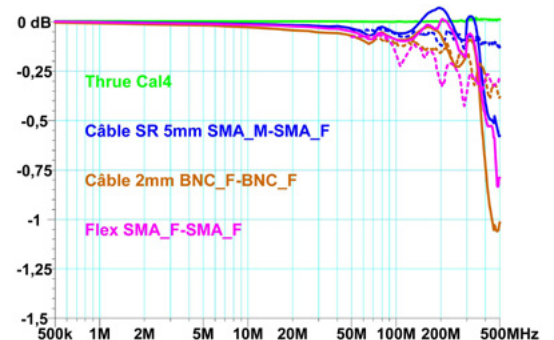


Fig.4 : Atténuation en fonction de la fréquence des différents circuits. Traits pleins : NanoVNA-F ; traits pointillés : HP8753C

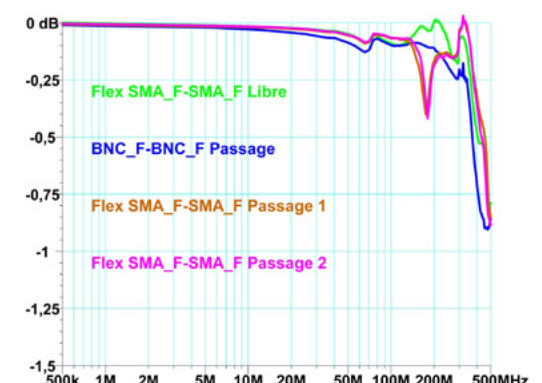


Fig.5 Comparaison Libre - Passages de fenêtres

Conclusion

Au-dessous de 80 MHz, les trois circuits se comportent de manière identique et supportent au minimum 100 W. Au-delà, les différences entre les résultats de mesures en fonction de l'instrument utilisé laissent planer un doute et le mieux est d'essayer.

Le câble de 1,9 mm était un peu écrasé pour passer la fenêtre de test. Cela allait bien, mais il ne faudrait pas devoir le mettre et l'enlever trop souvent.

Le circuit Flex étant vraiment très fin permet de passer sans problème une fenêtre moderne en PVC avec joint et donne de bons résultats et une solidité raisonnable. Il faut juste veiller à ce que les câbles raccordés ne le tordent pas trop. Côté intérieur, un montage avec le connecteur perpendiculaire au circuit est peut-être plus facile à utiliser, car une torsion du câble enroule alors le Flex sur lui-même (attention, pas de tour complet). À l'extérieur aussi, si cela est compatible avec la protection contre la pluie, un départ perpendiculaire du câble peut être préférable. Une fixation des câbles raccordés permet également de résoudre ce problème de torsion du Flex.

Remarques :

- ▶ Un raccordement direct avec un câble coaxial est aussi possible. La Fig.9 montre un essai avec un câble téflon de diamètre 2,6 mm. Là aussi, il est sans doute judicieux de coller un morceau d'époxy sous le circuit en le laissant déborder un peu sous le câble pour l'y coller ou le fixer à l'aide d'un collier afin de ne pas solliciter les soudures.
- ▶ Je n'ai pu faire des essais d'atténuation avec une fenêtre en aluminium que récemment et rapidement, et les résultats m'ont beaucoup étonné : jusqu'à 80 MHz, je n'ai pas trouvé de différence significative par rapport aux mesures sur l'autre fenêtre. L'atténuation est toujours inférieure à 0,15 dB. Au-delà, les pics d'atténuation visibles sur la Fig.5 étaient, au mieux, un peu plus importants, mais augmentaient parfois au-delà de -1,5 dB selon le positionnement du Flex. Le mieux est d'essayer ...
- ▶ Comme on pouvait s'y attendre, une goutte d'eau au-dessus de l'isolation âme-masse provoque des pics d'atténuations. Aussi, si je devais laisser un circuit exposé aux intempéries, je placerais la partie extérieure du circuit Flex entre deux couches de mousse à l'intérieur de la protection contre la pluie. Cela limiterait les effets de la rosée, de la pluie et de la glace.
- ▶ Il me reste quelques circuits, et je peux en faire refaire si cela intéresse quelques lecteurs.

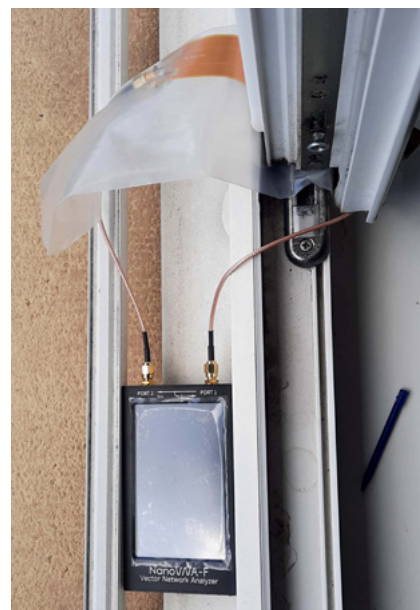


Fig.6 - Mesure du circuit Flex traversant une fenêtre



Fig.7 Côté intérieur du passage d'une fenêtre avec le Flex



Fig.8 Côté extérieur du passage d'une fenêtre avec le Flex

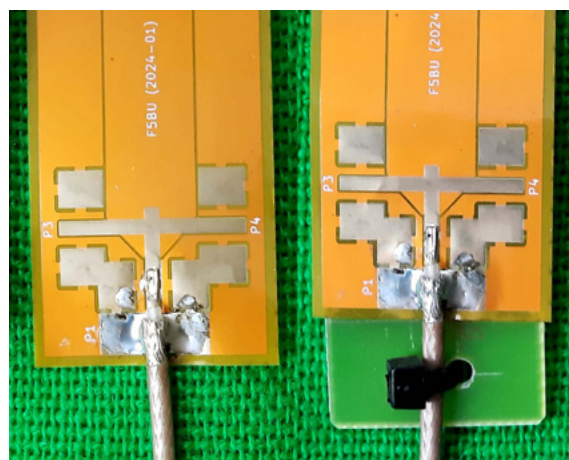


Fig.9 Montage d'un câble coaxial de 2,6 mm