

Type N : mode d'emploi en VHF et UHF

Avertissement

Pourquoi un mode d'emploi d'autant de pages alors qu'il peut tenir en une seule page comprenant seulement quatre figures ?

- Parce que des modes d'emploi d'une page sur ce sujet existent déjà ;
- Parce que l'assemblage d'un connecteur type N sur un câble coaxial fait appel à une multitude de détails qui ont tous leur importance et qu'il est impossible de les décrire et les expliquer en une seule page ;
- Parce qu'un assemblage soigné et irréprochable d'un connecteur sur un câble coaxial demande certains prérequis, de l'expérience, une longue expérience ;
- Parce que l'on retrouve quelques erreurs fondamentales dans certains modes d'emplois ou tutoriels ; ces erreurs seront décrites comme contre-exemples ;
- Parce qu'il y a moyen de faire mieux que d'assembler un connecteur vite fait bien fait et s'apercevoir à terme que la connexion pose des problèmes ;
- Parce qu'il existe des radioamateurs qui aiment des réalisations super FB (*Fine Business*) sans pour autant se prendre pour des « puristes » ; ces radioamateurs sont capables de réalisations ou d'assemblages de connecteurs qui atteignent (ou surpasseraient ?) le niveau de qualité professionnelle ;
- Parce que le personnel auprès de certains producteurs de connecteurs et de câbles coaxiaux reçoit des formations durant des journées entières sur l'assemblage de connecteurs sur des câbles coaxiaux ; c'est qu'il existe des raisons à cela ;
- Parce qu'il existe des radioamateurs qui seront prêts à lire autant de pages pour un mode d'emploi, simplement par le désir d'apprendre et encore apprendre.

Pourquoi un mode d'emploi en VHF et UHF, et non pas en HF ?

- Parce que les radioamateurs préfèrent utiliser majoritairement des connecteurs PL-259 et SO-239 en HF ; on peut utiliser des connecteurs type N en HF, mais cela est relativement peu fréquent auprès des radioamateurs ;
- Parce que l'on peut utiliser des connecteurs PL-259 et SO-239 en VHF et en UHF dans toute une série d'applications et que l'on peut aussi utiliser des connecteurs type N en VHF et UHF en fonction d'une série de critères techniques.

Non, ce mode d'emploi ne prétend pas dénigrer l'utilisation des connecteurs PL-259 et SO-239 en VHF et UHF. Il y a lieu toutefois de faire la part des choses dans des contextes bien précis où l'utilisation des connecteurs PL-259 et SO-239 n'est pas idéale en VHF et UHF et qu'il est, dans certains contextes, préférable d'utiliser des connecteurs type N.

Introduction

Les connecteurs type N sont relativement de plus en plus utilisés par les radioamateurs pour les gammes d'ondes métriques et décimétriques, parfois pour quelques gammes centimétriques. Ce connecteur est parfois préféré pour ces gammes d'ondes VHF et UHF à la place des connecteurs du type UHF PL-259 et SO-239 qui sont plutôt usuels pour les ondes courtes dans les gammes d'ondes décamétriques. Il existe toutefois, encore aujourd'hui en 2023, plusieurs équipements radioamateurs qui utilisent des connecteurs UHF (PL-259 et SO-239) pour des applications en VHF, parfois même en UHF. Ce n'est pas l'idéal, dès les fréquences VHF et en particulier aux fréquences UHF d'utiliser des connecteurs PL-259 ou SO-239, mais cela peut parfois s'avérer satisfaisant ou minimum acceptable à condition de mettre en œuvre des connecteurs de très bonne qualité et de les assembler le plus soigneusement possible. Il est utile de mentionner que les connecteurs type N ont une impédance caractéristique donnée alors que les connecteurs PL-259 et SO-239 ont une impédance caractéristique non spécifiée et qui peut prendre toute une série de valeurs non reproductibles en fonction du type de l'isolant du connecteur ou de l'impédance du câble qui y est raccordé (par ex. RG8 ou RG11). Dans ce cas, on obtient une discontinuité ou disruption d'impédance aux extrémités du câble coax et on observe dès lors des réflexions d'ondes dans le coax, des pertes de retour indésirables ou encore des points d'échauffements à haute puissance radiofréquence.



Fig. 1 : Connecteur type N mâle droit à sertir, modèle *full crimp* pour câble coaxial RG400. Photo : ON4IJ.



Fig. 2 : Connecteur type N femelle droit pour châssis avec pin à souder sur fil (*solder lug*). Photo : ON4IJ.

Il existe de nombreux types de connecteurs coaxiaux et, pour un type de connecteur, il existe plusieurs modèles. Le but de cet article n'est pas d'établir une nomenclature de tous les types ou modèles de connecteurs coaxiaux ; nous donnerons toutefois quelques exemples pour illustrer ces types de connecteurs.

Le but de cet article est de vous guider avec quelques conseils pour assembler soigneusement un connecteur type N mâle droit *solderless* sur un câble coaxial Ecoflex 15 ou Ecoflex 15 Plus. La méthode proposée ici pour l'assemblage de ces connecteurs type N se distance un peu de celles qui sont proposées sur Internet.

Connecteurs type N et connecteurs UHF PL-259 SO-239

Pour fixer les idées et pour rappel à ceux qui sont déjà familiarisés avec ces types de connecteurs, voici ci-dessous quelques illustrations de connecteurs type N et de connecteurs UHF PL-259 et SO-239. Commençons par ceux-ci.



Fig. 3 : Connecteur UHF PL-259 mâle droit à souder (modèle « *vintage* ») pour câble coaxial RG213. Photo : ON4IJ.



Fig. 4 : Connecteur UHF SO-239 femelle droit pour châssis (modèle « *vintage* ») avec pin à souder sur fil (*solder lug*). Photo : ON4IJ.



Fig. 5 : Connecteur UHF PL-259 mâle droit *solderless*, de production moderne et de bonne qualité pour câble coaxial Ecoflex 15. Photo : ON4IJ.

Il est à remarquer que dans les années 30's, les fréquences correspondant aux ondes courtes, c'est-à-dire de 3 MHz à 30 MHz étaient considérées comme fréquences UHF par comparaison avec les longues ondes (grandes ondes) d'une part entre 30 kHz et 300 kHz et les ondes moyennes ou petites ondes d'autre part entre 300 kHz et 3 MHz. C'est la raison pour laquelle les connecteurs PL-259 (*Plug* ou fiche) et SO-239 (*Socket* ou prise) avaient reçu l'appellation générique de « connecteurs UHF » pour des fréquences au-delà des petites ondes. Aujourd'hui, nous savons que la bande UHF est comprise entre 300 MHz et 3 GHz et que, de ce fait, les connecteurs UHF du type PL-259 et SO-239 ne sont pas idéaux pour des applications dans la bande UHF.

En ce qui concerne les applications VHF, les pertes de retour (*Return Loss*) des connecteurs PL-259 et SO-239 non adapté en impédance caractéristique peuvent parfois être la source de pertes excessives à certaines fréquences.

Cela se vérifie facilement au moyen d'un VNA : présence de plusieurs « *dips* » dans les courbes S_{21} et « *bosses* » dans les courbes S_{11} en fonction de la fréquence. Nous donnerons quelques clichés de mesure à la fin de cet article.

Plusieurs comparaisons par mesures entre connecteurs PL-259 SO-239 d'une part et type N d'autre part ont été effectuées par certains OM's et ont pour conclusion que les « PL's » n'ont pas plus de pertes que les types N en assemblant une dizaine de connecteurs en enfilade. Dans ce type de comparaison, on omet de tenir compte que ces comparaisons par mesures ont toutes eu lieu sur des fréquences des gammes d'ondes décimétriques jusqu'à 30 MHz maximum. Si ce type de comparaisons devaient avoir lieu en VHF ou en UHF, les conclusions seraient radicalement différentes : voir les clichés de mesures au VNA à la fin de l'article.

Voici ci-dessous quelques modèles de connecteurs type N fréquemment utilisés par les radioamateurs. Ensuite, vous trouverez deux illustrations, à titre purement indicatif, de modèles de connecteurs type N de qualité de laboratoire de mesure (*Lab Grade*) utilisés par quelques rares radioamateurs avertis et par les professionnels des mesures en matière de télécommunications.



Fig. 6 : Connecteur type N mâle droit *clamp* pour câble coaxial RG213. Photo : ON4IJ.



Fig. 7 : Connecteur type N mâle droit *solderless* pour câble coaxial Ecoflex 15. Photo : ON4IJ.

Les illustrations suivantes avec des connecteurs type N pour laboratoire de mesure sont données à titre purement indicatif. À notre niveau de radioamateur, nous n'utiliserons probablement jamais ces versions de connecteurs type N.



Fig. 8 : Au-dessus, connecteur type N mâle droit à sertir pour câble coaxial semi-souple Sucoflex® *assembly* n°104 garanti jusqu'à 18 GHz ; en dessous, connecteur type N mâle droit en exécution spéciale pour câble Hewlett Packard *assembly* n° 5061-5359 garanti jusqu'à 18 GHz. Photo : ON4IJ.



Fig. 9 : Connecteur type N femelle droit pour châssis, fréquence maximale garantie jusqu'à 18 GHz. Ce modèle de connecteur de qualité de laboratoire de mesure équipe de nombreux appareils professionnels. Il s'agit ici en réalité d'un connecteur adaptateur type N vers SMA ou APC 3.5 adapté pour une fixation sur châssis. Photo ON4IJ.

Les connecteurs type N les plus courants existent en version 50 Ω pour les applications des télécommunications et les applications des radioamateurs. Il existe aussi une version 75 Ω pour des applications spécifiques avec cette impédance (dans le domaine des signaux vidéo). Attention : un connecteur type N 50 Ω ne peut pas être accouplé à un connecteur type N de 75 Ω car il en résulterait un effet destructif des pins centrales qui n'ont pas le même diamètre. Pour rappel, l'impédance caractéristique d'un connecteur type N est donnée par le logarithme du rapport du diamètre extérieur de la pin centrale et le diamètre intérieur du corps du connecteur.

Le connecteur type N a été initialement conçu dans les années 40's par Paul Neill, ingénieur américain de la société Bell Lab, pour la *US Army Navy* et pour des applications, à l'époque, jusqu'à 11 GHz. Ce connecteur a ensuite été normalisé selon la CEI 60169-16. Les versions de qualité de laboratoire de mesure (*Lab Grade*) sont garanties jusqu'à une fréquence de 18 GHz.

Il existe donc trois grades de connecteurs type N :

- Le grade 2 pour les connecteurs type N à usage général qui dérive de la norme militaire MIL-C17B ; ce grade de connecteur permet une utilisation jusqu'à une fréquence maximale de 12 GHz ;
- Le grade 1 pour les connecteurs type N de haute performance particulièrement adaptés à des applications microondes où les pertes de retour (*Return Loss*) plus favorables que celles du grade 2 sont recherchées ; certains connecteurs type N du grade 1 et à tolérances serrées peuvent, selon le degré de précision, être utilisés au-delà de 12 GHz et, selon les tolérances, jusqu'à 18 GHz ;
- Le grade 0 pour les connecteurs type N étalons réservés pour les tests et mesures de références dans les laboratoires spécialisés ; ces connecteurs ont des tolérances très serrées et totalement vérifiées ; c'est ce grade qui est exigé pour garantir une utilisation jusqu'à 18 GHz.

Il faut toutefois remarquer que les connecteurs garantis de grade 2, grade 1 ou grade 0 ne se trouvent que chez des fournisseurs sérieux ayant pignon sur rue, comme on dit chez nous. Un connecteur, quel que soit le type ou modèle de celui-ci, a un certain prix qu'il faut être prêt à accepter. Il faut aussi se rappeler qu'un bon connecteur va rendre des bons et loyaux services pendant des années. Les années passent et le prix s'oublie, comme on dit aussi chez nous.

Ainsi, il faut observer une certaine prudence à l'égard des vendeurs de connecteurs à prix anormalement bas. Il est bien plus fréquent que l'on ne puisse le croire qu'un connecteur type N à bas prix et de mauvaise qualité puisse présenter une atténuation anormale ou accuser des pertes de retour inacceptables, même en dessous de 1 GHz. D'autres connecteurs type N bon marché ne sont plus efficaces au-delà de 2 GHz ou 3 GHz. En outre, tout ce qui brille n'est pas or : certains connecteurs bon marché ont parfois une bague externe de couleur dorée ; méfiez-vous de cet aspect attractif car il s'agit plus que vraisemblablement de ce qu'on appelle des « *Junk Connector* », dont il vaut mieux que la traduction en français soit censurée (« connecteur de m... »).

On comprend mieux à présent les raisons pour lesquelles l'utilisation des connecteurs type N s'est de plus en plus répandue pour les applications en VHF, UHF et même SHF jusqu'à 18 GHz maximum dans les activités des radioamateurs. En SHF, le connecteur SMA est plus usuel jusqu'à 18 GHz et dont certaines versions de précision sont garanties jusqu'à 26,5 GHz. Pour les applications de tests et mesures, on préfère le connecteur APC 3.5 qui garantit une utilisation jusqu'à 33 GHz. Il est aussi à noter que les connecteurs type N sont très robustes et résistants aux contraintes mécaniques relativement sévères. Ces connecteurs conviennent donc bien pour être accueillis sur des câbles coaxiaux de diamètres moyens à élevés depuis un diamètre de 5 mm à un diamètre de 10 mm, 13 mm ou 15 mm, même jusqu'à des câbles coaxiaux pouvant atteindre un diamètre de l'ordre de 2 pouces (50,8 mm).

En outre les connecteurs N offrent une étanchéité appréciable, en particulier pour des applications en extérieur aux conditions atmosphériques et donc résistants aux intempéries. Enfin les connecteurs type N sont prévus pour des puissances moyennes à élevées de l'ordre de quelques centaines de Watts à 18 GHz et jusqu'au kilowatt jusqu'à des fréquences de l'ordre de 3 GHz. Ces connecteurs type N sont donc particulièrement bien appropriés et appréciés par les radioamateurs pour des feeders d'antennes constitués de câbles coaxiaux à faibles pertes linéiques dans des applications VHF et UHF et donc d'un diamètre de l'ordre de 13 mm à 15 mm.

Connecteurs type N mâles droits pour câbles coaxiaux Ecoflex 15 et Ecoflex 15 Plus

Il existe sur le marché deux modèles de connecteurs type N mâles droits *solderless* comme illustré ci-dessous.

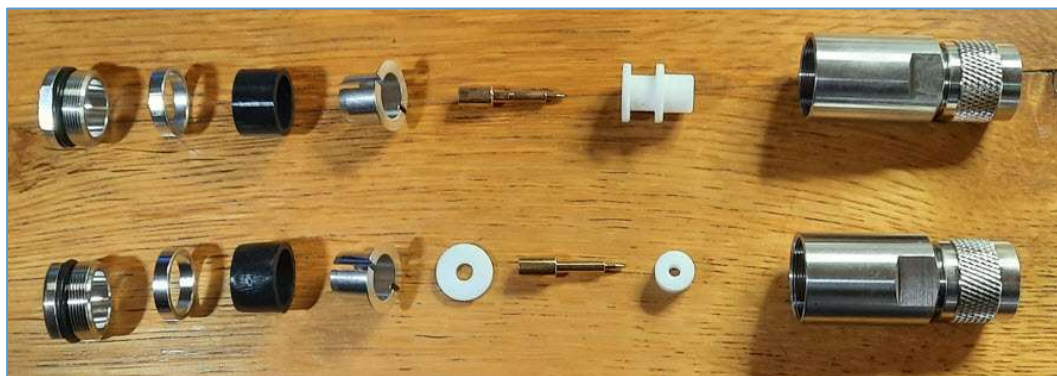


Fig. 10 : Deux modèles de connecteurs type N mâles droits *solderless*. Photo : ON4IJ.

La version du connecteur type N illustrée sur le dessus de la figure précédente a tendance à se généraliser auprès des fournisseurs bien connus des radioamateurs. C'est sur cette version de connecteur qu'est basé le présent article technique qui donne le mode d'emploi d'assemblage en détail.

En ce qui concerne la version du connecteur type N illustrée sur le dessous de la figure précédente, la procédure de montage sur un câble coaxial Ecoflex 15 a été décrite dans l'article technique : « Évolution du répéteur ON0LG VHF en 2019 et expérimentations sur un duplexeur à cavités BpBr avec Stubs » aux pages 55 à 59. Vous pouvez consulter cet article technique sur le site Internet ON5VL.org dans la section « Électronique ».

Mode d'emploi de l'assemblage d'un connecteur type N sur un câble Ecoflex 15

Ce mode d'emploi est largement illustré dans les moindres détails par de nombreux clichés photographiques. Voici d'abord l'environnement de travail avec les quelques outils qui vont nous servir.



Fig. 11 : Outillage nécessaire pour assembler un connecteur type N mâle droit *solderless* sur un câble Ecoflex 15 ou Ecoflex 15 plus. Photo : ON4IJ.

Remarque : il est préférable d'utiliser des clefs plates (à fourche) en lieu et place des clefs à molette ; voir illustration ci-dessous.



Fig. 12 : L'utilisation d'une clef plate (à fourche) est préférable en lieu et place d'une clef à molette. Photo : ON4IJ.

Voici la liste de l'outillage nécessaire :

- Un cutter à large lame et surtout avec une lame toute neuve ;
- Une petite pince coupante de précision qui permet de couper net des très fins brins de la tresse de cuivre du coax ;
- Une pince à large becs plats ;
- Un réglet métallique gradué en cm et mm ;
- Deux clefs plates de 19 mm ou bien deux clefs à molette ;
- Un étau à embase plate avec glissières de précision par exemple un modèle d'étau pour foreuse-fraiseuse, si possible avec des mors qui ont une battée et qui présentent un « Vé » central vertical ;
- Un papier émeri à grain fin ou une lime douce pour métaux ;
- Une grande aiguille à coudre ou épingle à cheveux pour bigoudis ;
- Une disqueuse meuleuse d'angle avec un disque de très faible épaisseur (1 mm) pour métaux ;
- Éventuellement un coupe-câbles ;
- Pour ceux qui en ont besoin, une bonne paire de lunettes pour voir de près et éventuellement une loupe éclairante, en particulier pour ceux qui ont un peu plus de spires au PA que la moyenne des OM's.

Voici le connecteur type N dont on va donner le mode d'emploi d'assemblage sur un câble Ecoflex 15 Plus.



Fig. 13 : Version du connecteur type N mâle droit *solderless* pour coaxial Ecoflex 15 Plus. C'est ce type de connecteur dont on va donner le mode d'emploi d'assemblage. Photo : ON4IJ.

L'assemblage d'un connecteur sur un câble coaxial demande le temps qu'il faut pour pouvoir exécuter le montage avec le plus grand soin et dans les règles de l'art. Il n'est pas rare, même pour les OM's les plus chevronnés de consacrer une demi-heure à trois quarts d'heures pour monter soigneusement un connecteur sur un câble coaxial. Que représente, même une heure de temps d'assemblage d'un connecteur vis-à-vis des centaines de milliers d'heures que le connecteur va assumer d'une manière irréprochable pendant toute la durée de vie de son utilisation ? Certes, certaines versions de connecteurs, en particulier les connecteurs à sertir du modèle *Full Crimp* sont plus faciles à monter et le temps d'assemblage peut être réduit à une durée de cinq ou de dix minutes.

Il y a lieu aussi de tenir compte du temps que l'on peut perdre à cause d'un connecteur assemblé à la hâte sans précautions élémentaires et qui peut présenter à terme une défectuosité de transmission du signal radiofréquence par intermittence. Il y a pire : une défectuosité dans l'assemblage d'un connecteur peut se révéler désastreuse à plus ou moins brève échéance car elle peut être à l'origine de perturbations non désirées ou être la cause du claquage d'un PA très coûteux.

Le choix du câble coaxial et les raisons du choix de l'Ecoflex 15 Plus

Il est fortement recommandé de choisir pour un *feeder* d'antenne en VHF ou en UHF un câble coaxial qui a le moins de pertes possibles dans ces gammes de fréquences. Il y a plusieurs raisons à cela. La première est que les pertes linéiques d'un câble coaxial sont d'autant plus élevées que la fréquence de travail est élevée. Il y a une différence tout-à-fait notable entre les pertes acceptables d'un type de coax en ondes décimétriques et les pertes pouvant devenir très élevées pour ce même coax en VHF et en UHF. Il suffit d'observer les courbes d'atténuations de quelques câbles coaxiaux usuels pour s'en rendre compte sur la figure suivante.

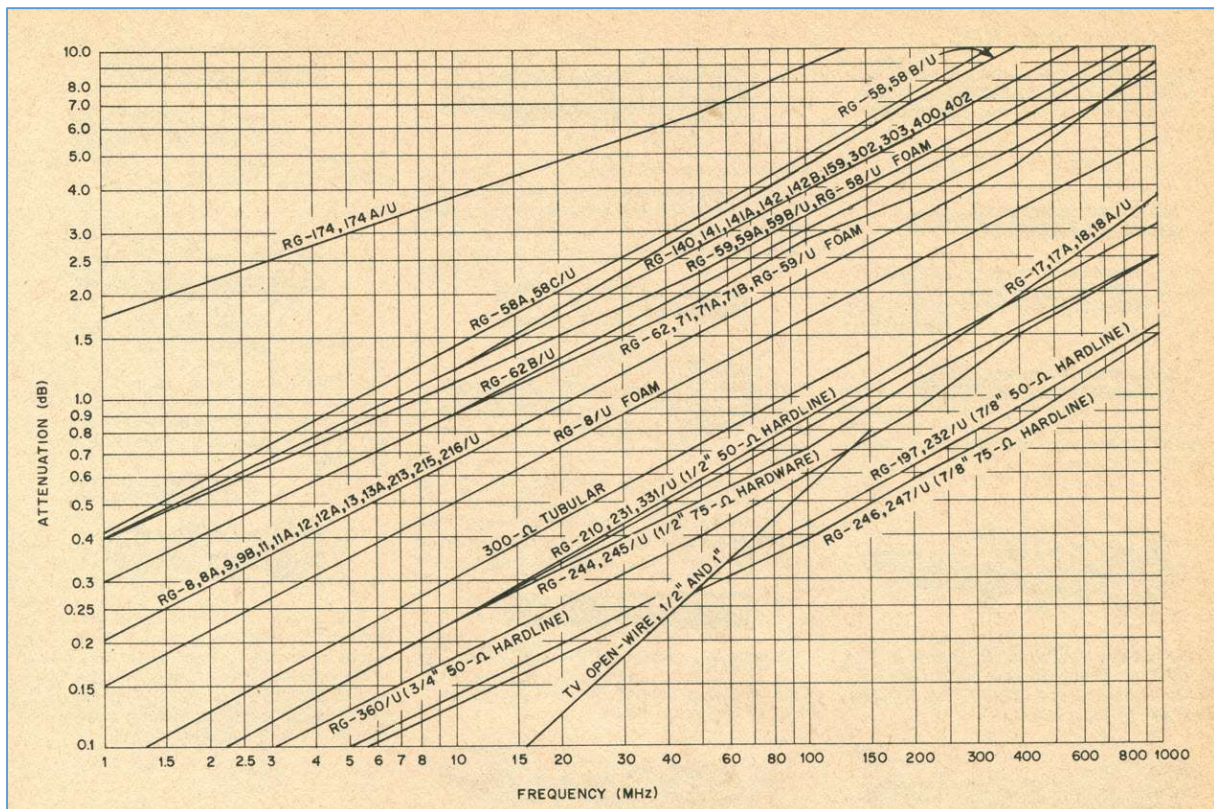


Fig. 14 : Atténuation linéique en fonction de la fréquence pour divers types de câbles coaxiaux, atténuation exprimée en dB pour une longueur nominale de 100 pieds (30,48 m). Source : The ARRL Antenna Book, 14th edition 1984, ISBN 0-87259-414-9, Chapter 3 Transmission Lines, Fig.34 page 3-20.

Choisir un bon câble coax pour de la VHF ou UHF, ce sont des dB facilement gagnés et qui coûtent bien moins cher que les dB amenés par un PA puissant. Mais là-où les dB perdus (ou ceux que l'on aurait pu gagner) sont irrécupérables, c'est à la réception. Il est bien plus difficile d'avoir une station sensible à la réception en VHF ou UHF que d'avoir une station puissante. Des Watts, vous en aurez toujours facilement, mais les quelques microvolt à la sortie de l'antenne sont très précieux car difficiles à obtenir et vous ne les aurez qu'une seule fois. Un câble coaxial à faibles pertes reste moins cher qu'un préamplificateur d'antenne performant et muni de son boîtier séquenceur avec *Bias* « Tee ». Cela ne vous dispense pas de choisir une antenne performante car les radioamateurs savent très bien que « tant vaut l'antenne, tant vaut l'émetteur ».

En comparaison des courbes d'atténuation des coax usuels de la figure précédente, voici ci-dessous la courbe d'atténuation linéique en fonction de la fréquence du câble coaxial Ecoflex® 15 Plus.

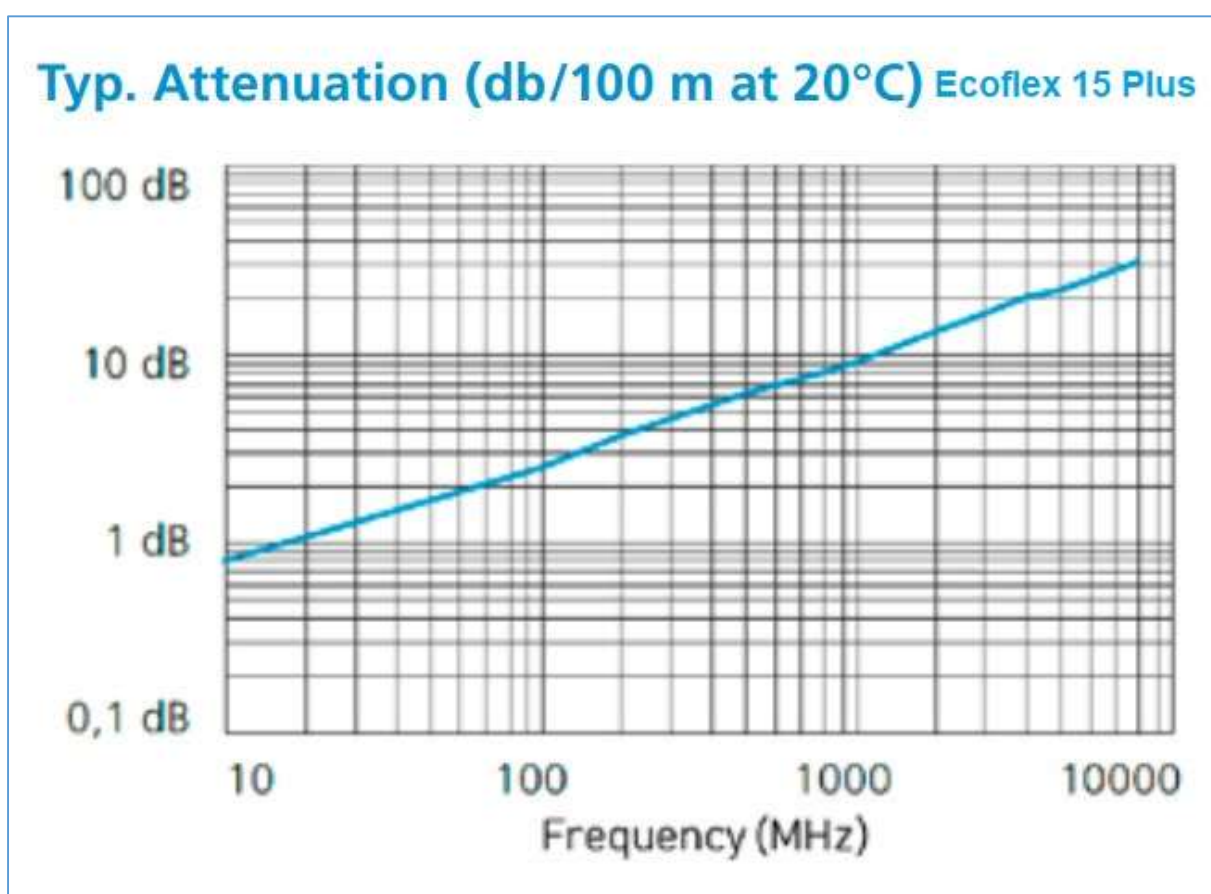


Fig. 15 : Atténuation linéique en fonction de la fréquence du câble Ecoflex® 15 Plus, atténuation exprimée en dB pour une longueur nominale de 100 m. Source : SSB-Electronic GmbH, Am Pulverhäuschen 4, 59557 Lippstadt Germany.

Il n'est pas facile de comparer des courbes d'atténuation pour des câbles coaxiaux qui sont tantôt donnée en dB par 100 pieds et tantôt en dB par 100 mètres. Comme il vaut mieux comparer ce qui est comparable, il est plus significatif de donner l'atténuation pour la même longueur de câble (c'est-à-dire 100 m) et aux mêmes fréquences repères. Ceci est illustré dans un tableau comparatif à la figure suivante.

	Ecoflex 15 Plus	RG 213/U	RG 58/U
Capacity	78 pF/m	101 pF/m	102 pF/m
Velocity factor	0,85	0,66	0,66
Attenuation (dB/100m)			
10 MHz	0,86	2,00	5,00
100 MHz	2,81	7,00	17,00
500 MHz	6,70	17,00	39,00
1000 MHz	9,80	22,50	54,60
3000 MHz	18,30	58,50	118,00

Fig. 16 : Comparatif des atténuations linéiques pour une même longueur de 100 m et aux mêmes fréquences repères du câble Ecoflex® 15 Plus par rapport aux deux câbles coaxiaux classiques RG-213/U et RG-58/U. Source : SSB-Electronic GmbH, Am Pulverhäuschen 4, 59557 Lippstadt Germany.

En général, un câble de gros diamètre a des pertes linéiques moins élevées que celles d'un câble de diamètre plus petit. Le type du diélectrique utilisé entre l'âme centrale et la tresse extérieure du câble coaxial est particulièrement déterminant dans les caractéristiques des pertes linéiques du coax. Un diélectrique plein (massif), par exemple en polyéthylène (PE) a des pertes plus élevées que celle du polytétrafluoroéthylène (PTFE) mieux connu sous le nom de téflon qui a été inventé par la société DuPont de Nemours en 1945. Un diélectrique du type PE et qui est plein (massif) a des pertes plus élevées que ce même diélectrique PE sous la forme « *Foam* » (alvéolé ou mousse).

Les câbles coaxiaux ont bénéficié de progrès considérables depuis leur invention et leur brevet en 1880 par Oliver Heaviside, physicien et mathématicien britannique. Les câbles classiques datant des années 40's, par exemple le RG58/U ou RG8/U fabriqués selon la norme MIL C-17 ont aussi évolués et notamment, aux environs des années 70's, le coax RG213/U est devenu plus usuel auprès des radioamateurs que le coax RG8/U. C'est surtout au niveau de la constitution des diélectriques que les progrès sont les plus remarquables. L'idéal serait de maintenir l'âme centrale au centre du câble coaxial dont le diélectrique serait de l'air sec. On parvient à construire des sections de coax à air, mais sur de faibles longueurs pour des mesures de références (*Air Line Section*) ou dans des *Splitters* pour coupler plusieurs antennes.



Fig. 17 : Section de ligne coaxial dont le diélectrique est de l'air sec (connecteurs APC 7). Au-dessus une ligne à air de 20 cm HP 11567A et en dessous une ligne à air de 10 cm HP 11566A. Photo : ON4IJ.

Dans les sections coaxiales à air ou dans les *Splitters*, l'âme centrale est constituée d'un conducteur rigide parfaitement rectiligne et est maintenue mécaniquement au centre de la ligne par les pins centrales des connecteurs eux-mêmes. La concentricité des conducteurs est parfois assurée par des rondelles minces en téflon ou en époxy.

Les premières améliorations de la constitution du diélectrique des câbles coax a été de remplacer un diélectrique plein (massif) par un diélectrique aéré soit en forme de spirale hélicoïdale soit sous la forme d'un faisceau de gros capillaires dans la matière isolante. Ainsi, on peut maintenir mécaniquement l'âme centrale du coax au centre du câble sur une grande longueur tout en permettant une certaine liberté de mouvement pour la flexion du câble. Certains producteurs se sont spécialisés dans la fabrication de tels types de câbles. De nombreux radioamateurs ont réalisés des *feeders* d'antennes avec ces types de câbles mais tous ont fini par abandonner leur utilisation. En effet, le moindre défaut d'étanchéité à l'extrémité supérieure du *feeder* au connecteur d'antenne a pour effet de transformer le coax en véritable « tuyau d'arrosage » car l'eau s'infiltre dans tout le coax par gravité jusque dans le *shack*. L'eau est un véritable ennemi tant pour les coax que pour les connecteurs. En effet, l'air a une constante diélectrique de 1 et l'eau a une constante diélectrique de l'ordre de 80. Ainsi, une goutte d'eau dans un connecteur forme un véritable condensateur de découplage shuntant ainsi le signal entre l'âme centrale et la tresse du coax. Que dire lorsque les parties aérées d'un coax sont remplies d'eau ; la réponse est évidente.

L'amélioration la plus remarquable de la constitution du diélectrique des coax a été la mise en œuvre d'une matière isolante du type mousse (*Foam*) à alvéoles fermées (bulles d'air). Depuis la fin du XX^{ème} et le début du XXI^{ème} siècle, les procédés de fabrication des diélectriques *Foam* se sont améliorés avec l'injection d'un gaz neutre à la place de l'air. On parvient à obtenir une densité de gaz de l'ordre de 70 % du volume de matière isolante par rapport au matériau isolant synthétique, ce qui contribue à fortement diminuer les pertes dans le diélectrique. Les tolérances serrées et les contrôles de qualité lors des fabrications permettent une parfaite homogénéité des alvéoles fermées contenant le gaz neutre. Du fait que cette mousse isolante est à alvéoles fermées, elle ne se comporte pas comme une éponge car les alvéoles ne communiquent pas entre elles. Cela garanti une totale immunité du diélectrique à l'absorption d'eau ou d'humidité du milieu ambiant. Impossible de transformer le coax en « tuyau d'arrosage ». Avoir un diélectrique parfaitement homogène contribue à la constance de l'impédance caractéristique du coax sur toute sa longueur.

La production du câble Ecoflex® 15 Plus est particulièrement aboutie et la fabrication soignée permet d'obtenir des tolérances très serrées sur le résultat final : obtenir un câble coaxial à faibles pertes et d'une grande précision de l'impédance caractéristique du coax sur toute sa longueur. Pour se rendre compte de la grande précision de l'impédance caractéristique du produit fini, on procède à une mesure des pertes de retour d'un câble coax d'une longueur standard et qui a été déterminée dans le protocole de mesure. Cette mesure s'effectue au moyen d'un VNA dont la plage de dynamique de mesure est particulièrement élevée (de l'ordre de 120 dB à 140 dB).

Rares sont les constructeurs de câbles coaxiaux qui sont à même de publier les caractéristiques des pertes de retours de leurs produits. Voici ci-dessous les caractéristiques des pertes de retour d'un câble Ecoflex® 15 Plus publiées par le fabricant.

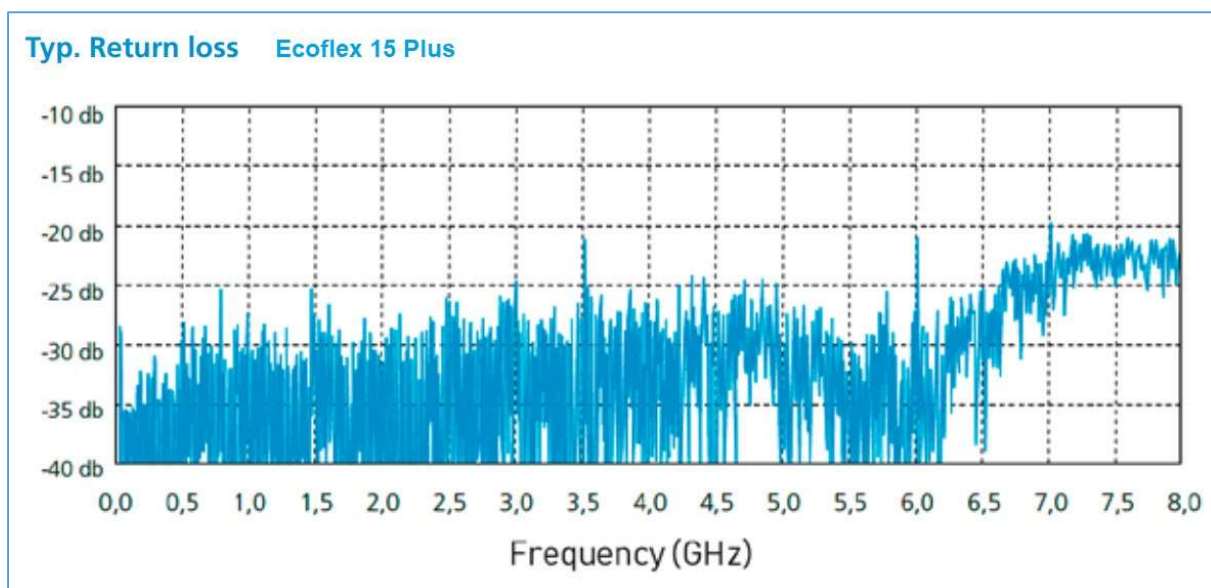


Fig. 18 : Caractéristiques des pertes de retour en fonction de la fréquence (*Return Loss S₁₁*) d'un câble coaxial du type Ecoflex® 15 Plus. Source : SSB-Electronic GmbH, Am Pulverhäuschen 4, 59557 Lippstadt Germany.

Sur la figure ci-dessus, on constate que les pertes de retour sont de l'ordre de -30 dB jusqu'à une fréquence de 2,4 GHz, ce qui correspond à un ROS de 1,065:1. Entre 3 GHz et 5 GHz, les pertes de retour sont de l'ordre de -25 dB, ce qui correspond à un ROS de 1,12:1 et entre 7 GHz et 8 GHz, les pertes de retour sont meilleures que -20 dB, c'est-à-dire à un ROS inférieur à 1,22:1. Ces caractéristiques sont tout-à-fait satisfaisantes pour des stations radioamateurs en VHF et UHF.

Le diamètre d'un câble Ecoflex 15 ou Ecoflex 15 Plus peut paraître assez conséquent et le coax peut ressembler à un fameux morceau de nerf relativement peu souple. Toutefois, comme son nom l'indique le câble Ecoflex 15 est malgré tout relativement souple et admet un rayon de courbure à la flexion répétée de 8 fois son diamètre, soit 12 cm. Lorsque l'on installe à demeure un *feeder* d'antenne, le diamètre du coax ne pose en général aucun problème. Lorsque l'on utilise un rotor d'antenne, il est exclu d'utiliser un coax rigide (du type annelé). Le câble Ecoflex 15 est relativement souple et est donc prévu pour des installations avec rotor d'antenne.

Enfin, un des critères de choix pour un coax utilisé en VHF et UHF est d'offrir une bonne efficacité de blindage. Le câble Ecoflex 15 Plus est du type à double blindage avec un feuillard en cuivre offrant un recouvrement de 100 % et une tresse en fins brins de cuivre offrant un recouvrement de 75 %. Ceci contribue à avoir une efficacité de blindage supérieure à 90 dB à une fréquence de 1 GHz.

Pratique d'assemblage d'un connecteur type N mâle droit Solderless pour Ecoflex 15

La première étape consiste à couper l'extrémité du câble coaxial d'une manière bien nette et sans bavure sans déformer le câble. Il faut obtenir une surface de coupe rigoureusement plane et parfaitement orthogonale (perpendiculaire) à l'axe longitudinal du câble. Le seul outil qui convienne est une mini disqueuse avec un disque relativement fin (1 mm) pour la découpe des métaux. Il est fortement déconseillé de couper le câble au moyen d'une pince coupante, quel que soit le modèle de pince car cela déforme complètement l'extrémité du coax.



Fig. 19 : Découpe du câble coaxial au moyen d'une mini disqueuse et non pas à la pince coupante.
Photo : ON4IJ.

Il est possible d'utiliser un coupe-câble pour couper le coax. Toutefois, la découpe du coax au coupe-câble présentera des déformations de l'extrémité, en particulier au niveau de l'âme centrale. Ceci risque d'être gênant pour la suite de l'assemblage du connecteur, en particulier lors de l'insertion de la pin centrale du connecteur. Certains coupe-câbles de qualité permettent toutefois d'obtenir une coupe satisfaisante d'un câble coaxial sans trop de déformations de son extrémité.



Fig. 20 : Coupe-câble Knipex 9511165T. Source : Knipex-Werk, C. Gustav Putsch KG Oberkamper Straße 13, 42349 Wuppertal, Germany, www.knipex.com.

La première étape d'assemblage – étape à ne pas oublier – est d'enfiler la bague arrière fileté du connecteur type N, la bague métallique de friction pour le serrage du presse-étoupe, et le manchon caoutchouc du presse-étoupe.



Fig. 21 : Première étape d'assemblage ; enfiler la bague fileté arrière du connecteur type N. Photo : ON4IJ.



Fig. 22 : Ensuite enfiler la bague métallique de friction du presse-étoupe du connecteur. Photo : ON4IJ.



Fig. 23 : Ensuite présenter le manchon en caoutchouc du presse-étoupe du connecteur. Photo : ON4IJ.

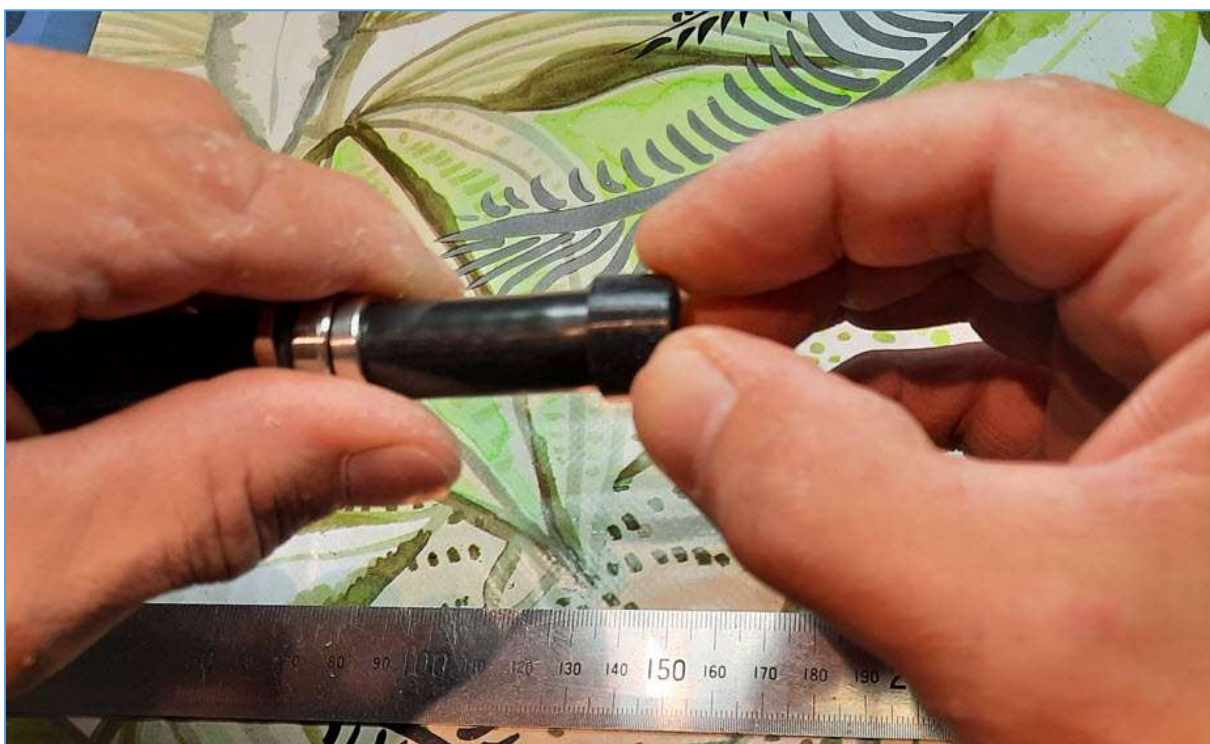


Fig. 24 : Ensuite enfiler le manchon en caoutchouc du presse-étoupe du connecteur. Photo : ON4IJ.



Fig. 25 : Ensuite reculer le manchon en caoutchouc du presse-étoupe du connecteur. Photo : ON4IJ.

On procède ensuite au dénudage du câble coaxial en commençant par la gaine externe. C'est ici qu'il y a lieu d'utiliser un cutter avec une lame neuve pour bénéficier de tout son pouvoir coupant. Le but est d'éviter de devoir insister avec une lame émoussée par des mouvements de va-et-vient de la lame d'avant en arrière avec un fort appui sur la lame : on finirait par entamer la tresse du blindage. Avec une lame neuve, il suffit d'appuyer légèrement sur le matériaux synthétique pour l'entailler sur le périmètre de la section du câble en exerçant un mouvement circulaire autour du câble presque sans glissement du tranchant de la lame sur la gaine. Il n'y a pas besoin d'entailler la gaine extérieur sur toute son épaisseur. Cela demande un peu d'adresse et d'entraînement. Vous pouvez vous entraîner sur des chutes de câble pour vous familiariser à obtenir la bonne sensibilité.

La distance pour dénuder la gaine extérieure par rapport à l'extrémité du câble est de **7 mm**.



Fig. 26 : Mesure de 7 mm pour dénuder la gaine extérieure du coax. Photo : ON4IJ.



Fig. 27 : La gaine extérieure du coax est dénudé au moyen d'un cutter avec une lame neuve. Photo : ON4IJ.



Fig. 28 : Le dénudage s'effectue par une simple rotation circulaire du cutter avec une légère pression de la lame à la périphérie de la section du câble sans glissement excessif de la lame sur le matériaux synthétique de la gaine. Photo : ON4IJ.

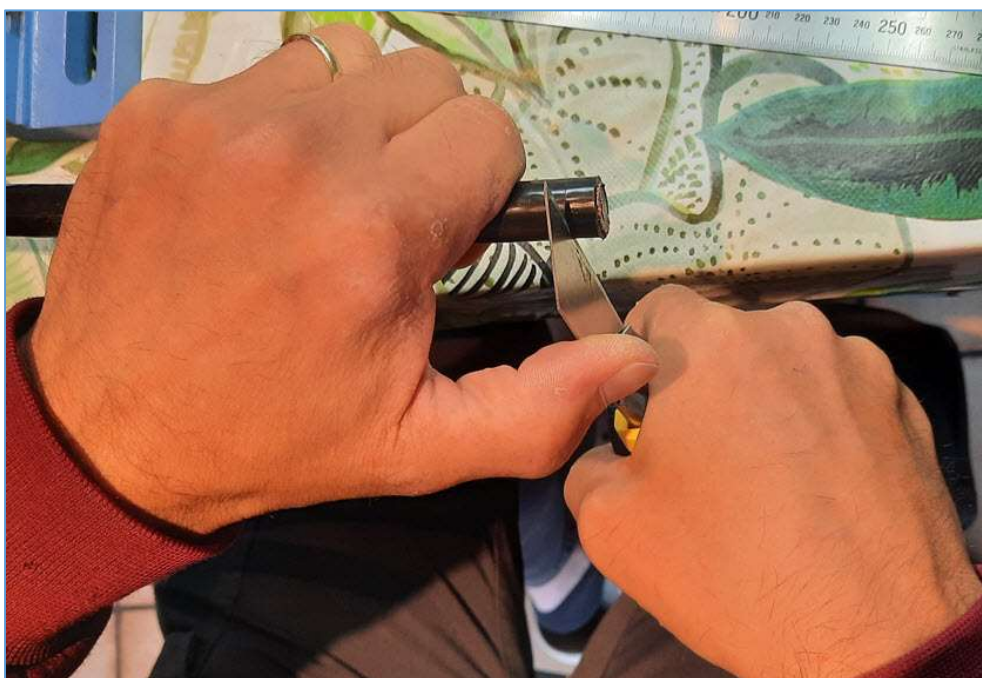


Fig. 29 : Le mouvement de rotation circulaire de la lame vient rejoindre l'alignement du début de l'entaille du dénudage. Photo : ON4IJ.



Fig. 30 : La partie entaillée lors du dénudage est refendue avec la pointe de la lame du cutter. On veillera à ne pas trop appuyer sur la lame afin d'éviter que l'on entaille les brins de la tresse du coax. Photo : ON4IJ.

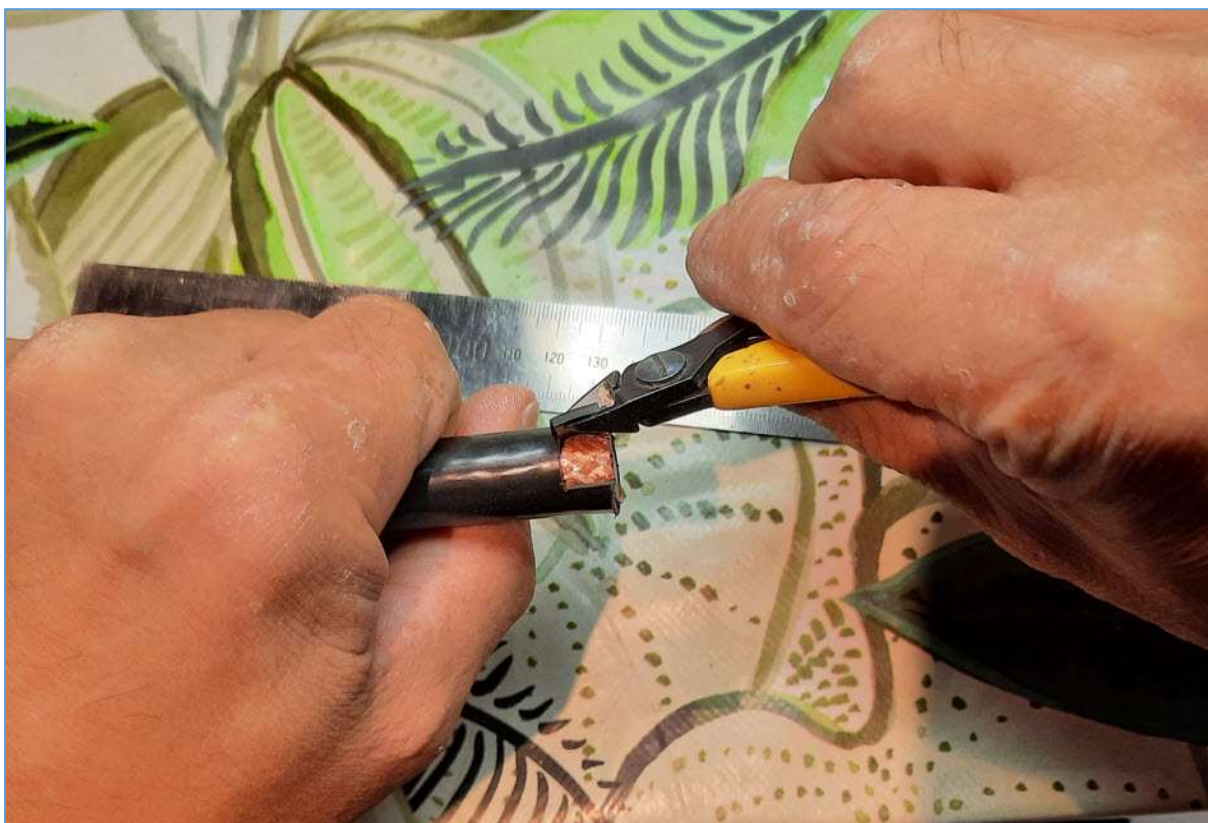


Fig. 31 : Avec le bec d'une petite pince coupante d'électronicien, on ouvre la partie dénudée comme si l'on ouvrait une boîte à sardines. La gaine extérieure se libère facilement par cisaillement du matériau synthétique. Photo : ON4IJ.

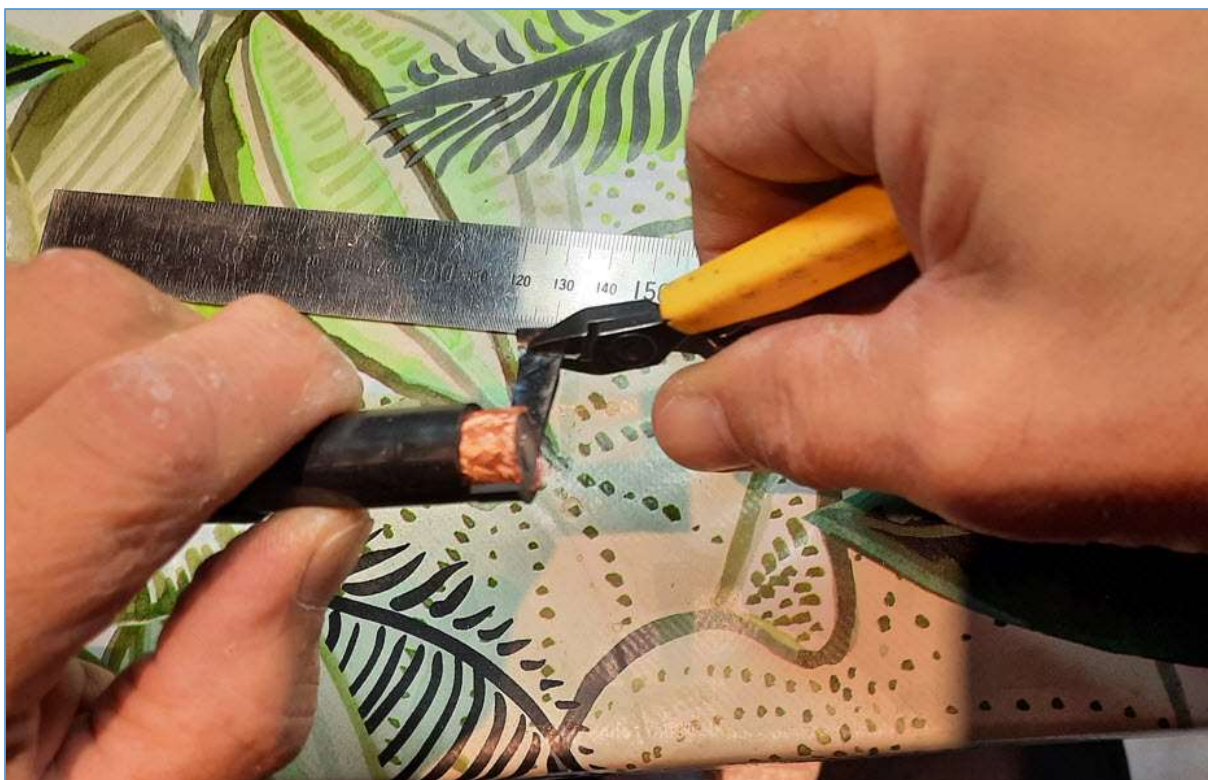


Fig. 32 : Avec un mouvement circulaire, on enlève la partie de la gaine extérieure. La bande de la gaine extérieure est maintenue à son extrémité par légère pression du bec de la pince coupante. Photo : ON4IJ.



Fig. 33 : La bande de la gaine extérieure est dénudée sur la périphérie de la section à l'extrémité du coax. Photo : ON4IJ.

Erreur à ne pas faire :

Contrairement à certains tutoriels, il ne faut pas dénuder en même temps la gaine extérieure, la tresse et le feuillard. Cela va poser des problèmes lors de l'insertion de la bague en « Té » du connecteur. En effet, la buselure de la bague en « Té » va retrousser en accordéon la tresse et le feuillard en cuivre du coax sous la gaine extérieure de celui-ci. Le feuillard risque même d'être partiellement déchiré sur son extrémité.

De ce fait, on obtient aucune assurance d'un bon contact entre la bague en « Té » et le blindage du coax : le contact précaire ne sera établi qu'entre l'extrémité de la bague en « Té » et le périmètre retroussé de la tresse et du feuillard du coax. Aux moindres sollicitations mécaniques du coax sur le connecteur, on risque d'avoir une rupture pure et simple du contact entre le corps du connecteur et le blindage du coax.



Fig. 34 : Erreur à ne pas faire : dénuder en même temps la gaine extérieure, la tresse et le feuillard en cuivre du coax. Il sera impossible d'insérer convenablement la bague en « Té » par la suite sans retrousser la tresse et le feuillard en dessous de la gaine extérieure. Photo : ON4IJ.

Voici la tresse apparente à l'extrémité du câble coaxial. C'est ici qu'il va falloir s'armer de patience pour séparer les torons des brins de la tresse un à un au moyen d'une aiguille. Avec la pointe de l'aiguille, on « peigne » les brins depuis le croisement des torons à la limite de la gaine extérieure avec un mouvement de la pointe de l'aiguille vers l'extrémité du câble. Il ne faut pas vouloir aller trop vite. C'est ici que le travail doit être effectué avec le plus grand soin. Le câble devra être tourné au fur et à mesure pour pouvoir accéder à tous les torons à la périphérie de la tresse du coax. À la fin de l'opération, tous les brins doivent être bien parallèles entre eux et le plus régulièrement espacés les uns des autres sur toute la périphérie de la tresse du coax.



Fig. 35 : Les brins de la tresse du coax sont décroisés et « peignés » à l'aide de la pointe d'une aiguille sur toute la périphérie de l'extrémité du coax. Photo : ON4IJ.

Lorsque tous les brins sont bien parallèles entre eux et régulièrement espacés sur toute la périphérie de l'extrémité du coax, on soulève légèrement tous les brins groupe par groupe de façon à les amener dans une direction perpendiculaire à l'axe longitudinal du câble (voir figure suivante). Les brins sont alors tous orientés comme les rayons du soleil.



Fig. 36 : Les brins de la tresse du coax sont soulevés pour être orientés dans une direction perpendiculaire à l'axe du câble. Photo : ON4IJ.



Fig. 37 : Les brins de la tresse du coax sont légèrement étirés de façon à aménager un espace entre le feuillard et la tresse du coax. Photo : ON4IJ.

On étire ensuite les brins de la tresse pour aménager un léger espace entre le feuillard et la tresse du coax. Cela va faciliter l'insertion de la bague en « Té » (voir plus loin).



Fig. 38 : Les brins de la tresse du coax sont légèrement étirés sur toute la périphérie à l'extrémité du câble. Photo : ON4IJ.



Fig. 39 : Au besoin, on reprend l'aiguille pour disposer les brins de la tresse de façon à ce qu'ils soient le plus régulièrement espacés. Photo : ON4IJ.

Ci-dessous, ON4IJ prépare l'extrémité d'un câble coaxial Ecoflex 15 Plus pour assembler un connecteur type N.



Fig. 40 : Préparation de l'extrémité d'un câble coaxial Ecoflex 15 Plus par ON4IJ. Photo : ON4IJ.

Maintenant, on va légèrement appuyer sur l'extrémité du feuillard en cuivre pour le préformer vers l'intérieur de la section du câble, comme si l'on voulait former un chanfrein. Il ne s'agit pas de déformer l'extrémité du diélectrique, mais simplement de rabattre la périphérie du feuillard en cuivre contre le diélectrique. Cela va faciliter par la suite l'insertion de la bague en « Té » du connecteur.



Fig. 41 : Le feillard en cuivre est préformé comme si l'on voulait aménager un chanfrein sur celui-ci à l'extrémité du câble. Photo : ON4IJ.



Fig. 42 : L'opération de préformage de l'extrémité du feillard en cuivre est effectuée sur tout le périmètre de la section du câble. Photo : ON4IJ.

C'est le moment d'enfiler la bague en « Té » du connecteur type N sur le feuillard en cuivre du coax. Il faut veiller à ne pas rebrousser le feuillard sur lui-même. On conseille de présenter la bague en « Té » légèrement en biais en contact sur la partie du dessous du câble et ensuite redresser la bague pour amener le feuillard sous la bague comme si l'on voulait refermer un couvercle circulaire sur une boîte cylindrique. On peut faire un léger mouvement de rotation sans excès (quelques millimètres) de la bague pour pouvoir l'enfiler. Bien veiller à ce que la lèvre de recouvrement du feuillard soit bien engagée sous la bague. On conseille d'orienter la bague en « Té » avec la partie fendue apparente vers le dessus. Ne pas élargir la partie fendue de la bague avant insertion de celle-ci sur le câble. L'ajustement est juste glissant entre le feuillard en cuivre et la bague du connecteur.



Fig. 43 : La bague en « Té » du connecteur type N est enfilée au-dessus du feuillard en cuivre du coax.
Photo : ON4IJ.

On enfonce ensuite la bague en « Té » sur le feuillard du câble de façon à ce que la partie légèrement conique de la bague se présente en dessous de la tresse du coax. C'est la première raison pour laquelle les brins de la tresse ont été orientés selon des directions radiales par rapport à l'axe longitudinal du câble (voir figure suivante).

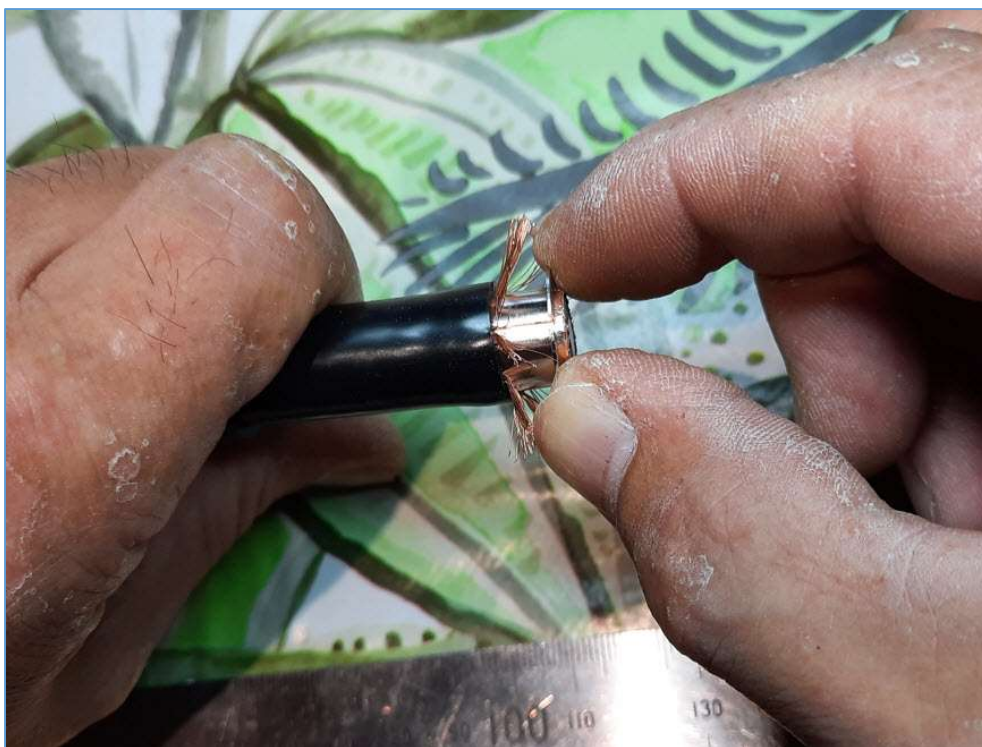


Fig. 44 : La partie conique de la bague en « Té » vient s'insérer entre le feuilard en cuivre et la tresse du coax. Photo : ON4IJ.



Fig. 45 : Sur cette figure, on peut mieux observer la position de la bague en « Té » qui vient s'insérer au-dessus du feuilard en cuivre et sous la tresse du coax. Photo : ON4IJ.

Ensuite, on insère complètement la bague en « Té » à force sous la tresse du coax à l'aide d'une pince à larges becs plats. Il est à remarquer que l'on aménage une ouverture de pince suffisante pour que les becs de la pince ne rentrent pas en contact avec le feuillard en cuivre. On peut aussi procéder autrement en s'aidant des flancs latéraux des mors d'une mâchoire d'étau dont la distance entre mors est supérieure au diamètre du feuillard en cuivre. Les flancs des mors de l'étau viennent arc-bouter sur la partie en « Té » de la bague du connecteur type N.



Fig. 46 : Insertion à force de la bague en « Té » sur le feuillard en cuivre et en dessous de la tresse du coax. Remarque : les becs de la pince ne sont pas en contact avec le feuillard. Photo : ON4IJ.



Fig. 47 : La bague en « Té » est insérée à fond sous la tresse du coax. Pas de contact entre les becs de la pince et le feuillard. Photo : ON4IJ.

Après l'opération d'insertion à force de la bague en « Té », la gaine extérieure et la tresse du coax se sont légèrement enfoncées (retroussées) par rapport au diélectrique et par rapport au feuillard en cuivre du coax. Ceci est parfaitement normal, prévisible et fait partie de la procédure d'assemblage. On vérifie que la partie en « Té » de la bague se situe à une distance de **8 mm** par rapport à l'extrémité du câble. Si cette distance n'est pas atteinte, on peut insister sur l'enfoncement de la bague en « Té » en maintenant fermement le coax d'une main et en enfonçant la bague de l'autre main avec une pince ou avec le flanc des mors d'un étau.



Fig. 48 : La distance entre la partie en « Té » de la bague et l'extrémité du câble doit être à présent de 8 mm. Photo : ON4IJ.

Erreur à ne pas faire :

Il ne faut pas avoir dénudé le coax au départ avec un excédent de longueur car il faut éviter de devoir recouper l'âme centrale par après au moyen d'un coupe-câble car cela déforme l'extrémité de l'âme centrale. Il ne faut pas recouper l'âme centrale seule mise à l'air libre au moyen d'une disqueuse car on vient brûler le revêtement cuivré qui est déposé sur le cœur en aluminium et on risque aussi de plier certains brins avec la rotation du disque.

Ensuite, le manchon en caoutchouc du presse-étoupe du connecteur type N est à présent amené à force contre la partie en « Té » de la bague. Après cette opération, on revérifie la distance de 8 mm de la partie en « Té » de la bague par rapport à l'extrémité du câble.

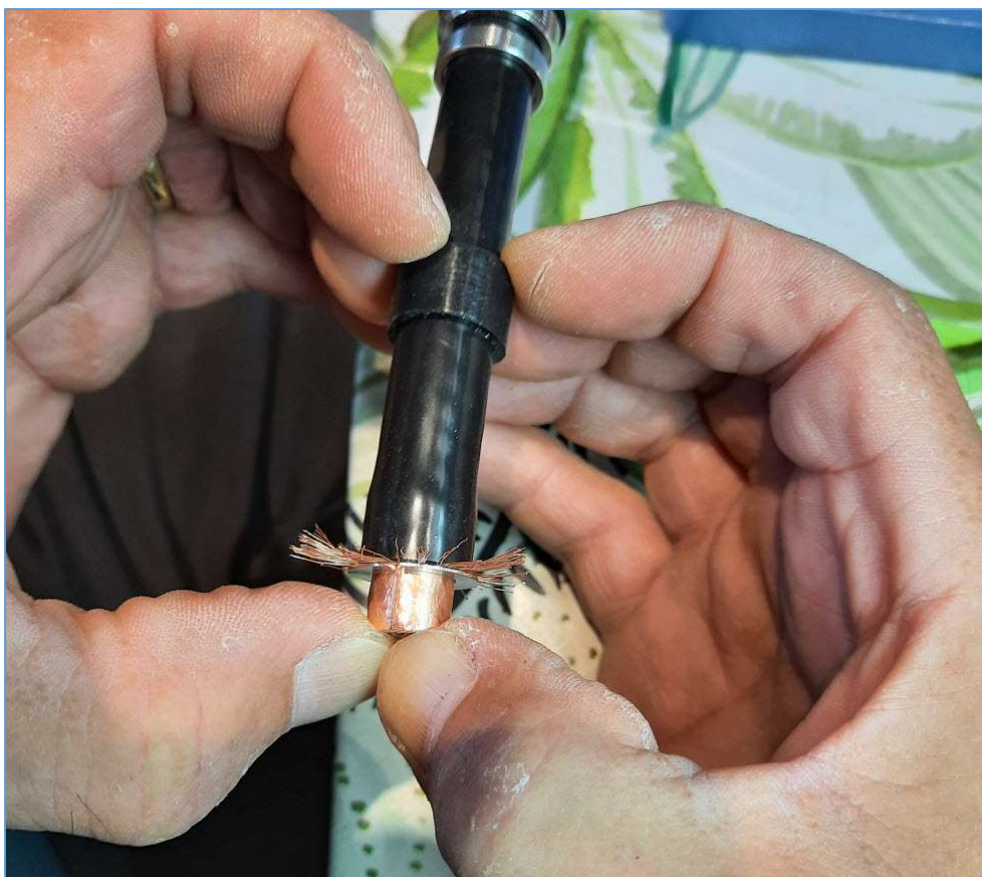


Fig. 49 : Le manchon en caoutchouc est ramené vers la bague en « Té ». Photo : ON4IJ.

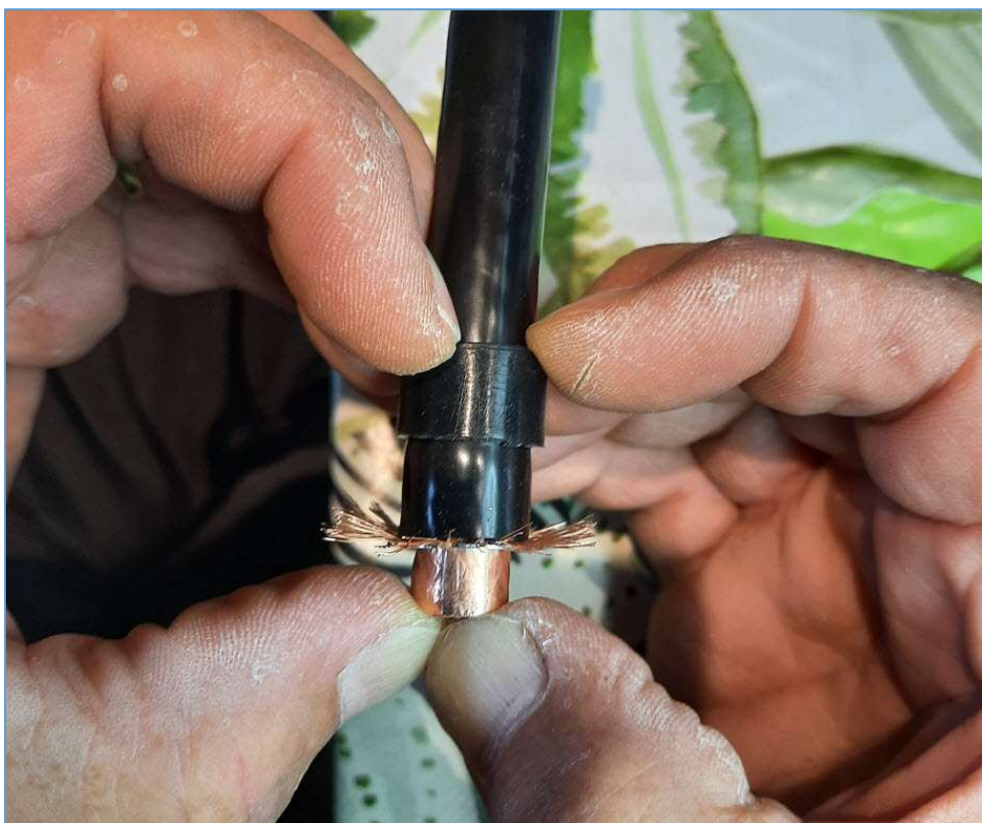


Fig. 50 : Le manchon en caoutchouc est ramené vers la bague en « Té ». Photo : ON4IJ.



Fig. 51 : Le manchon en caoutchouc est ramené contre la partie en « Té » de la bague. Photo : ON4IJ.

Les brins de la tresse sont rabattus vers l'arrière du câble sur le manchon en caoutchouc du presse-étoupe du connecteur type N. Cela permettra d'obtenir un contact franc et direct entre les brins de la tresse et toute la périphérie de l'intérieur du corps du connecteur type N sans passer par un contact établi entre la bague en « Té » et le fond du corps du connecteur type N. En outre, les brins repliés vont harponner la tresse du coax dans l'assemblage du connecteur, ce qui va procurer un renforcement de l'effet d'anti-traction entre le coax et le connecteur.

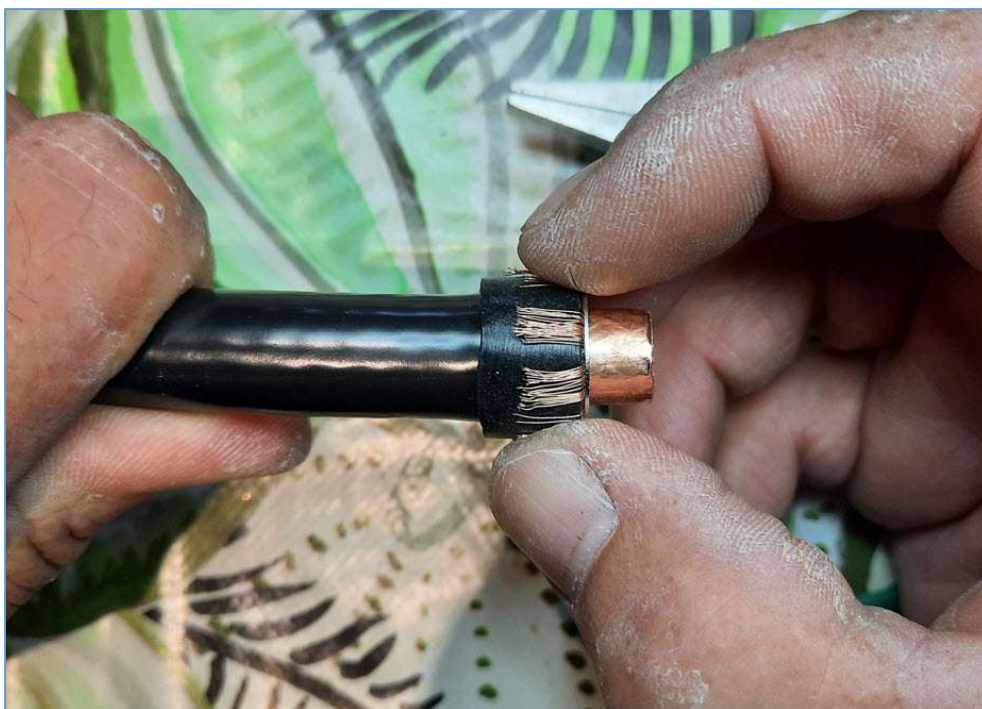


Fig. 52 : Les brins de la tresse du coax sont rabattus sur le manchon en caoutchouc. Photo : ON4IJ.

Les brins sont ensuite recoupés environ à mi-distance de la longueur du manchon en caoutchouc de façon à égaliser la longueur des brins rabattus.



Fig. 53 : Les brins rabattus sont recoupés à hauteur de la mi-distance de la longueur du manchon en caoutchouc. Photo : ON4IJ.

Erreur à ne pas faire :

Il ne faut pas recouper les brins de la tresse à raz de la périphérie de la partie en « Té » de la bague comme c'est souvent illustré dans certains tutoriels ou modes d'emplois simplifiés en une seule page.

Les risques de recouper à raz les brins de la tresse sont les suivants :

- Risque d'arrachement du coax par rapport au connecteur ;
- Risque de contact pas optimum avec la périphérie du corps du connecteur.

C'est du vécu ! Après avoir assemblé un connecteur type N en ayant recoupé à raz les brins de la tresse, le câble a été placé dans un environnement sévère (à proximité d'un site industriel rejetant des fumées corrosives). Après seulement quinze jours de mise en service, le câble coax n'avait plus de contact franc entre le blindage du coax et le corps du connecteur. Avec quelques Watts au TX, il y avait zéro Watts à l'entrée de l'antenne. En remplaçant l'antenne par une charge non rayonnante (antenne factice) il y avait toujours zéro Watts à l'extrémité du câble coaxial. Pourtant une mesure à l'Ohmmètre entre le corps des connecteurs aux deux extrémités du câble donnait une lecture de quelques dixièmes d'Ohms. Nous verrons plus loin que la mesure à l'Ohmmètre d'un câble coaxial assemblé sur des connecteurs ne donne pas une indication valable sur le comportement du câble en radiofréquence.



Fig. 54 : Erreur à ne pas faire : recouper les brins de la tresse à raz de la périphérie de la partie en « Té » de la bague. Photo : ON4IJ.

Après avoir refait l'assemblage des connecteurs de ce câble coaxial comme décrit dans cet article (avec les brins de la tresse rabattus en arrière sur le manchon en caoutchouc du presse-étoupe), et après avoir remis le *feeder* en service, celui-ci a rendu des bons et loyaux services sans défaillir dans ce même environnement de fumées corrosives, et ce pendant de nombreuses années. Le contact de la tresse à la périphérie du corps du connecteur assure la longévité de la continuité entre le blindage du coax et le corps du connecteur.

Les brins recoupés sont à nouveau bien rabattus sur le manchon en caoutchouc.



Fig. 55 : Les brins sont à nouveau bien rabattus sur le manchon en caoutchouc. Photo : ON4IJ.

On vérifie une dernière fois la distance de **8 mm** entre la partie en « Té » de la bague et l'extrémité du câble.



Fig. 56 : Dernière vérification de la distance de 8 mm entre la partie en « Té » de la bague et l'extrémité du câble. Photo : ON4IJ.

On procède à présent au dénudage en même temps du feuillard en cuivre et du diélectrique du coax pour faire apparaître l'âme centrale. Pour réaliser cette opération, on place la lame du cutter contre la partie en « Té » de la bague qui va nous servir de guide. On enfonce bien la lame sur toute l'épaisseur du diélectrique jusqu'à ce que la partie tranchante de la lame vienne à butée contre la fine gaine isolante qui entoure directement l'âme centrale. Le tranchant de la lame ne doit pas venir en contact avec le cuivre de l'âme centrale. Ceci est particulièrement délicat pour le câble coaxial du type Ecoflex 15 Plus dont l'âme centrale est constituée d'un toron de brins d'aluminium recouvert d'une fine couche de cuivre. Il s'agit donc d'éviter d'entailler cette mince couche de cuivre de l'âme centrale.

On exerce ensuite un mouvement circulaire de la lame le long de la périphérie du feuillard en cuivre et du diélectrique du coax de façon à obtenir une coupe de dénudage parfaitement plane et bien orthogonale à l'axe longitudinal du câble. Le plan de coupe du feuillard et du diélectrique se situe dans le même plan que celui de la partie en « Té » de la bague.



Fig. 57 : Dénudage du feuillard en cuivre et du diélectrique du coax. La lame du cutter est placée contre la partie en « Té » de la bague. Photo : ON4IJ.

On peut s'aider du pouce pour exercer une légère pression sur la lame de façon à ce que toute l'épaisseur du diélectrique soit coupée. La pression sur la lame ne doit pas être excessive afin d'éviter de rentrer directement en contact avec l'âme centrale du coax.

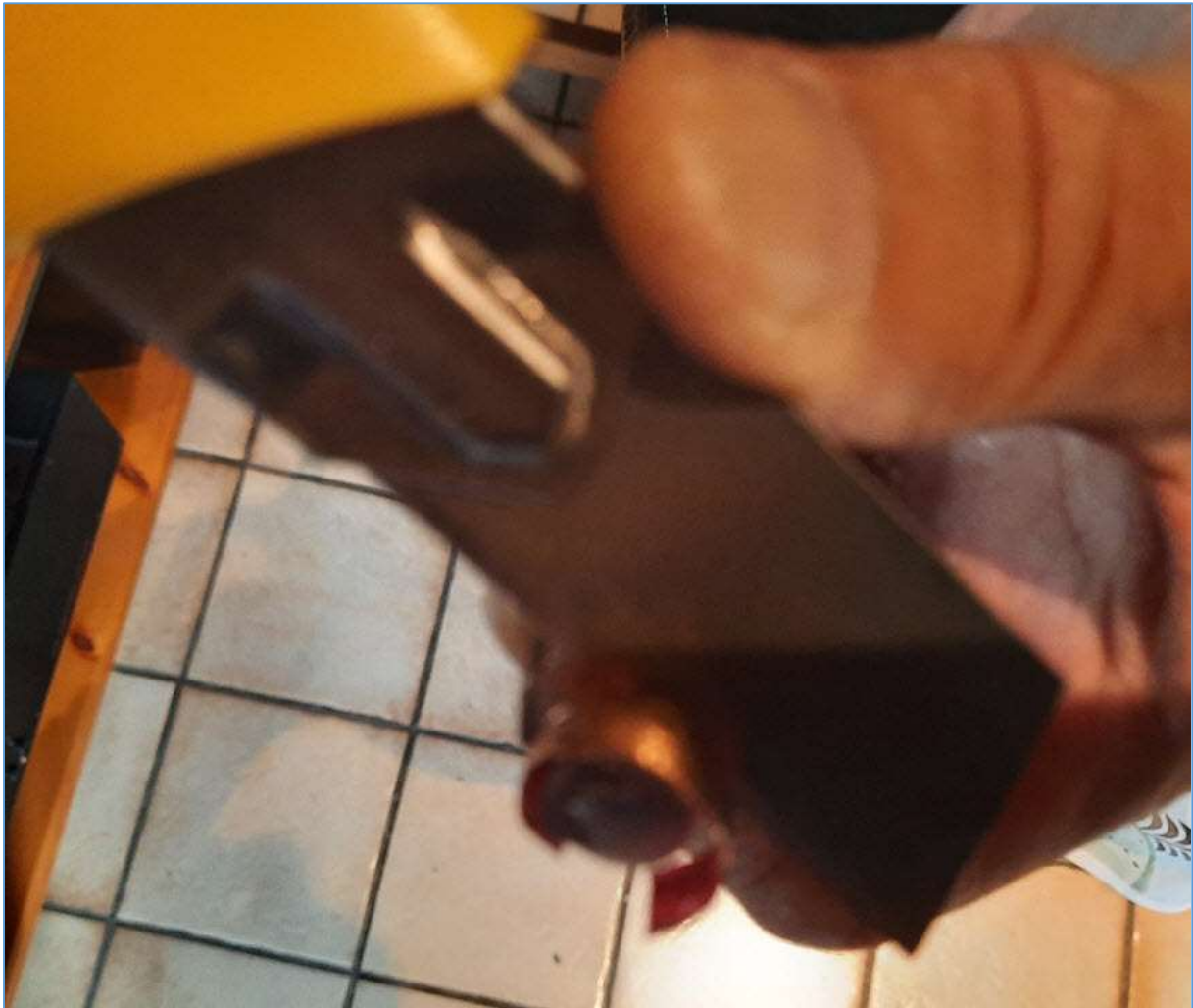


Fig. 58 : Mouvement circulaire de la lame du cutter pour le dénudage du feuillard en cuivre et du diélectrique du coax. La lame du cutter est maintenue contre la partie en « Té de la bague qui sert de guide pour la lame. Photo : ON4IJ.

Après cette opération, l'extrémité du feuillard en cuivre se détache d'elle-même au niveau de l'extrémité du diélectrique du coax. Le diélectrique devient apparent et l'extrémité de celui-ci est refendue au moyen de la pointe de la lame du cutter. Pendant cette opération, la pointe de la lame vient en contact avec la fine gaine qui recouvre directement l'âme centrale du coax. Il y a lieu d'exercer sur la lame une pression juste suffisante pour venir contre la fine gaine sans que la pointe de la lame ne vienne en contact avec l'âme centrale du coax, voir figure suivante.



Fig. 59 : Le diélectrique est refendu au moyen de la pointe de la lame du cutter. La pointe de la lame ne doit pas rentrer en contact avec l'âme centrale du coax. Photo : ON4IJ.

On introduit un des becs de la pince coupante dans l'entaille longitudinale qui a été faite dans le diélectrique. Ensuite, d'un mouvement circulaire de la pince coupante, on ouvre la fente du diélectrique pour dénuder celui-ci comme si l'on ouvrait une boîte à sardines. Il est possible que la mousse du diélectrique commence à se délaminer de la fine gaine isolante recouvrant directement l'âme centrale.



Fig. 60 : Le diélectrique est enlevé avec les becs d'une pince coupante comme si l'on devait ouvrir une boîte à sardines. Photo : ON4IJ.

Lorsque le diélectrique mousse se délamine de la fine gaine isolante qui est directement en contact avec l'âme centrale, on réalise une entaille longitudinale dans cette fine gaine de façon à pouvoir l'ouvrir au moyen des becs de la pince coupante. De nouveau, il s'agit d'être prudent de ne pas entailler la fine couche de cuivre qui recouvre l'âme centrale du coax.



Fig. 61 : La fine gaine isolante, qui est directement en contact avec l'âme centrale, est refendue au moyen de la pointe de la lame du cutter. La pointe de la lame ne doit pas rentrer en contact avec l'âme centrale du coax. Photo : ON4IJ.



Fig. 62 : La fine gaine isolante qui est directement en contact avec l'âme centrale et le diélectrique mousse du coax sont tous deux ouverts en même temps au moyen des becs de la pince coupante. Photo : ON4IJ.

Lorsque la fine gaine isolante vient à s'ouvrir en même temps que le diélectrique mousse du coax, on voit apparaître les brins de l'âme centrale. On continue à exercer un mouvement circulaire avec la pince coupante pour libérer l'extrémité du coax de toute la périphérie du diélectrique et de la fine gaine isolante.



Fig. 63 : D'un mouvement circulaire de la pince coupante, l'extrémité du coax est libérée de la fine gaine isolante et du diélectrique mousse. Photo : ON4IJ.

On voit à présent apparaître une coupe bien nette du diélectrique du coax. On inspecte la section dénudée et on en profite pour enlever un éventuel copeau de feuillard en cuivre qui se serait formé lors de la découpe de celui-ci. On enlève aussi d'éventuelles barbes de la fine gaine isolante qui se seraient formées lors du dénudage de celle-ci.



Fig. 64 : Coupe bien nette du feuillard en cuivre, du diélectrique mousse et de la fine gaine isolante en contact avec l'âme centrale du coax. La surface de la coupe du diélectrique doit être propre sans copeau du feuillard en cuivre et sans barbe de la fine gaine isolante. Photo : ON4IJ.

Sur la figure ci-dessus, on voit apparaître la surface de coupe du dénudage du feuillard, du diélectrique mousse et de la fine gaine isolante. On voit aussi apparaître la section de l'âme centrale constituée de torons de fils d'aluminium revêtus d'une métallisation de cuivre.

On va à présent enlever les barbes de l'extrémité de l'âme centrale. Ces barbes se sont formées lors de la découpe du câble coaxial. On utilise un papier émeri à grains fins ou bien une lime douce pour enlever les barbes de l'âme centrale. Le but est de former un minuscule chanfrein à l'extrémité de l'âme centrale pour faciliter l'introduction de la pin centrale du connecteur type N.

On veillera à bien essuyer au moyen d'un chiffon sec et propre la partie apparente de l'âme centrale pour enlever tous les résidus de limailles et de grains d'émeri.



Fig. 65 : Ébarbage de l'extrémité de l'âme centrale du coax au moyen d'un papier émeri à fins grains. Photo : ON4IJ.

On présente la pin centrale du connecteur type N bien dans l'axe de l'âme centrale du coax. On enfonce à force et à la main la pin centrale sur l'âme. La pin centrale est du type « *Solderless* », ce qui signifie à montage sans soudure. L'intérieur de la pin centrale qui vient sur l'âme du coax est légèrement striée et forme ainsi une sorte de harpon.



Fig. 66 : Insertion de la pin centrale du connecteur type N sur l'âme centrale du coax. Photo : ON4IJ.

La pin du connecteur doit être enfoncée à fond sur l'âme du coax. Cette opération est réalisée totalement à la main. Si vous deviez éprouver des difficultés à insérer à fond et à la main la pin du connecteurs, vous pouvez vous aider d'une pince à large bec plats à condition de placer l'épaisseur d'un tissu entre les becs de la pince et la pin du connecteur. Attention, il faut en effet être très prudent de ne pas griffer ni marquer l'extérieur de la pin centrale. Vous pouvez aussi vous aider des flancs des mors d'un étau pour vous aider à insérer la pin à fond sur l'âme du coax. Dans ce cas, ne pas serrer la pin entre les mors de l'étau, mais bien se servir des flancs des mors pour arc-bouter sur l'épaule de la pin.

Ne jamais vouloir élargir les fentes de la pin du connecteur. Les quatre pans de la pin formant un réceptacle en tulipe doivent exercer un effet de ressorts pour obtenir un contact par pression entre la pin du connecteur et l'âme du coax.



Fig. 67 : Insertion à fond de la pin centrale du connecteur type N sur l'âme centrale du coax. Photo : ON4IJ.

Dans certaines publications, on faisait mention d'enduire l'extrémité de l'âme centrale du coax avec de la vaseline avant d'insérer la pin centrale du connecteur. Actuellement, nous ne trouvons plus de trace de cette recommandation. L'utilisation de vaseline pour éviter la corrosion sous-jacente entre l'âme centrale et la pin du connecteur n'a pas été avérée. En outre, un excès de vaseline peut venir polluer l'extrémité dénudée du diélectrique. Les performances de la vaseline au point de vue isolant haute fréquence et au point de vue de la constante diélectrique à long terme ne semblent pas être connues avec certitude.

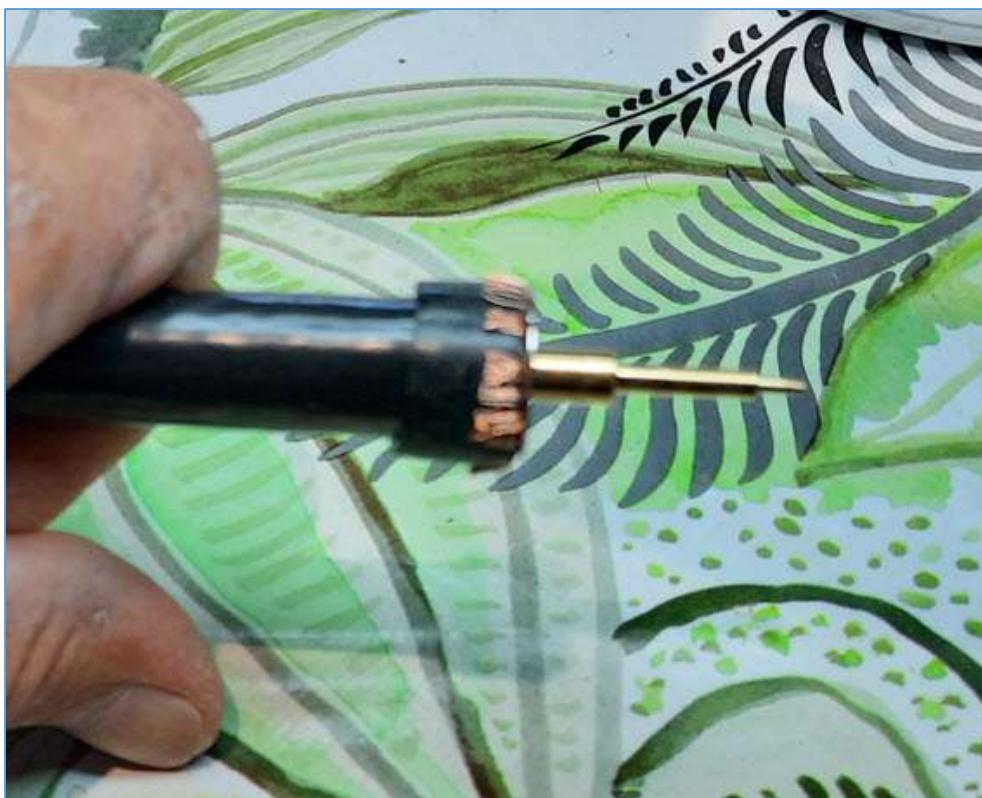


Fig. 68 : Résultat de l'insertion à fond de la pin centrale du connecteur type N sur l'âme centrale du coax. Photo : ON4IJ.

Ensuite, on présente la partie isolante en forme de diabololo du connecteur type N dans l'axe de la pin centrale et on insère l'isolant à fond sur la pin du connecteur.

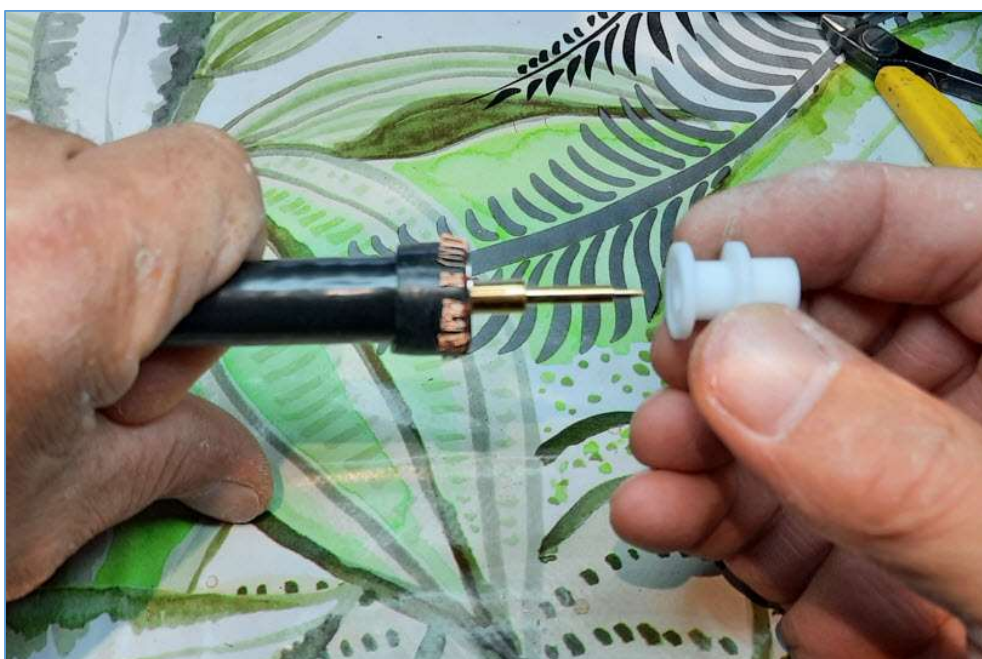


Fig. 69 : Isolant du connecteur type N prêt à être inséré sur la pin du connecteur. Photo : ON4IJ.



Fig. 70 : Isolant du connecteur type N en cours d'insertion sur la pin du connecteur. Photo : ON4IJ.



Fig. 71 : Isolant du connecteur type N inséré à fond sur la pin du connecteur. Photo : ON4IJ.

L'isolant doit venir contre la partie en « Té » de la bague du connecteur type N. Il ne doit subsister aucun espace (aucun « *gap* ») entre la bague et l'isolant.

Ensuite on présente le corps du connecteur bien dans l'axe longitudinal du câble. On insère le corps du connecteur sur le câble en faisant légèrement jouer l'axe longitudinal du câble et du connecteur par des légers mouvements de « libration » (mouvement de balancement de l'axe du corps du connecteur par rapport à l'axe du câble). On peut s'aider de légers mouvements de rotation dans un sens et puis dans l'autre, de seulement quelques millimètres pendant l'insertion du corps du connecteur sur le câble. Il faut à tout prix éviter de « visser » le corps du connecteur sur le câble. En effet, les brins de la tresse rabattus sur le manchon en caoutchouc du presse étoupe doivent rester bien parallèles à l'axe du câble.



Fig. 72 : Corps du connecteur type N prêt à être inséré sur le câble coaxial. Photo : ON4IJ.



Fig. 73 : Corps du connecteur type N en cours d'insertion sur le câble coaxial. Photo : ON4IJ.

On veillera, au cours de l'insertion du corps du connecteur, à ce que la pin centrale apparaisse bien au centre de l'extrémité du connecteur. Au besoin, on corrige l'alignement de l'axe du connecteur avec celui du câble. On insère à fond le corps du connecteur jusqu'à butée de l'isolant dans le fond du corps du connecteur.



Fig. 74 : Insertion à fond jusqu'à butée du corps du connecteur type N sur le coax. Photo : ON4IJ.

Ensuite, on visse à la main la bague filetée arrière du presse-étoupe du connecteur. La bague métallique antifriction du presse-étoupe doit se situer à l'intérieur du corps du connecteur de façon à ce que les premiers filets du pas de vis de la bague arrière puissent se visser sur le corps du connecteur. On serre la bague filetée autant que possible à la main avant de procéder au serrage complet de celle-ci à l'aide d'outils.



Fig. 75 : La bague filetée est vissée à la main sur le corps du connecteur. Photo : ON4IJ.

On procède au serrage complet de la bague filetée au moyen de deux clef plates de 19 mm ou avec deux clef à molette bien serrées sur les méplats du connecteur. On peut aussi s'aider d'un étau. Dans ce cas, il faut veiller à ce que les mors de l'étau ne viennent pas ovaliser la bague extérieure de serrage du connecteur. Il y a lieu de choisir un étau avec un « V » central existant sur les mors de serrage ou bien choisir un étau dont la hauteur des mors n'est pas trop grande de façon à ce que la bague externe de serrage du connecteur type N se situe en dehors de la zone de serrage des mors de l'étau.

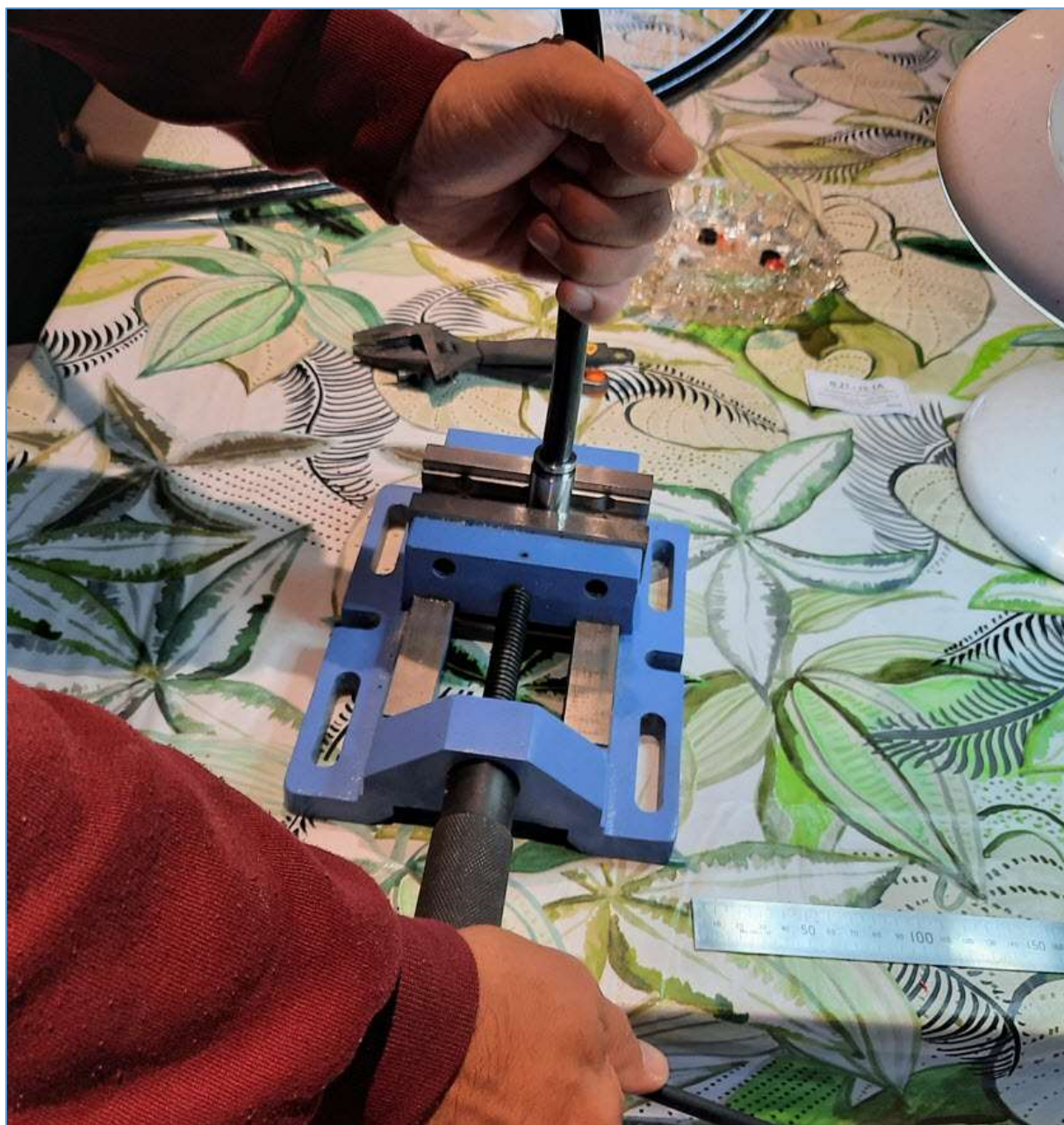


Fig. 76 : Positionnement du corps du connecteur type N dans les mors d'un étau. Attention : la surface de serrage des mors de l'étau ne doit pas atteindre la bague externe de serrage du connecteur type N afin d'éviter d'ovaliser celle-ci. Photo : ON4IJ.



Fig. 77 : Serrage de la bague filetée du presse-étoupe du connecteur à l'aide d'une clef plate de 19 mm ou d'une clef à molette bien serrée sur les méplats de la bague. Photo : ON4IJ.

La bague filetée du presse-étoupe du connecteur est serrée à fond toutefois sans écraser d'une manière exagérée le joint O-ring situé sur la bague filetée. Il y a lieu de procéder par touches successives du serrage de la bague et de surveiller la légère compression du joint O-ring pendant cette opération.

Remarque, il est préférable de serrer le connecteur type N avec une clef plate (à fourche) de 19 mm en lieu et place d'une clef à molette.

Au cours du serrage de la bague filetée, l'étau est maintenu d'une main et la clef est maintenue de l'autre main comme illustré ci-dessous.



Fig. 78 : Serrage de la bague filetée du connecteur type N dont le corps est maintenu dans les mors d'un étau. Photo : ON4IJ.

Remarque, il est préférable de serrer le connecteur type N avec une clef plate (à fourche) de 19 mm en lieu et place d'une clef à molette.

Voici le résultat final du connecteur type N complètement assemblé sur un câble coaxial Ecoflex 15 Plus.



Fig. 79 : Résultat de l'assemblage d'un connecteur type N sur un câble coaxial Ecoflex 15 Plus. Photo : ON4IJ.

Tests d'un câble coaxial équipé de connecteurs type N

Pour une utilisation en VHF ou UHF d'un câble coaxial équipé de connecteurs type N, il vaut mieux tester le câble assemblé au moyen d'un vrai appareil de mesure radiofréquence. Il est complètement illusoire de vouloir tester l'assemblage d'un câble coax avec connecteurs au moyen d'un multimètre ou d'un Ohmmètre. La continuité électrique en courant continu de l'âme centrale d'une part et de la tresse d'autre part n'a aucune signification en radiofréquence. Il en est de même en ce qui concerne la mesure en courant continu de l'isolation de l'âme centrale du coax par rapport à son blindage : cette mesure en courant continu est illusoire et n'a aucune signification en radiofréquence.

Tout ce que l'on peut dire avec un Ohmmètre, c'est que si le câble n'est pas bon (défaut de continuité ou défaut de court-circuit), il n'est réellement pas bon en radiofréquence. Cela permet dans de nombreux cas de déterminer l'origine d'une défectuosité flagrante dans un feeder d'antenne.

La raison essentielle de cette mesure radiofréquence à large bande permet de s'assurer de la régularité de la courbe des pertes d'insertion en fonction de la fréquence et ainsi de s'assurer qu'il n'y a pas de phénomènes d'absorption du signal à une ou des fréquence(s) particulière(s). La courbe doit être proche d'une ligne droite en légère pente (atténuation linéique en fonction de la fréquence). Si la courbe présentait une profonde échancrure (un *dip*), cela signifierait que l'assemblage est défectueux ou qu'il n'est pas réalisé avec le soin requis. L'origine d'un *dip* sur la courbe des pertes d'insertion est souvent due à un espace entre l'arrière de la pin centrale et la fin du diélectrique du coax, là où celui-ci a été dénudé. Ce « *gap* » constitue une disruption de la continuité de l'impédance caractéristique de l'ensemble de l'assemblage du câble coax et du connecteur. La manifestation d'une rupture localisée d'impédance est indépendante de la longueur du câble coax. Même si le « *gap* » est de seulement quelques millimètres sur un câble de 10 mètres de long, il y aura un ou plusieurs *dip(s)* d'absorption dans la courbe de réponse S_{21} du câble (mesure de la perte d'insertion).

L'appareil de mesure radiofréquence qui est fortement recommandé pour tester l'assemblage de connecteurs sur un câble coaxial est un analyseur de réseau vectoriel (VNA, ou nano VNA). La mesure de la perte d'insertion correspond au S_{21} .

L'autre raison tout aussi importante de tester une câble assemblé de connecteurs au moyen d'un appareil de mesure radiofréquence est de s'assurer de la valeur des pertes de retour sur une large bande. Cette mesure sera le reflet du parfait respect de l'impédance caractéristique d'un bout à l'autre du câble, les deux connecteurs y compris qui sont assemblés à ses extrémités.

La mesure des pertes de retour sur un VNA correspond au S_{11} . Un assemblage très soigné d'un connecteur type N sur un câble coaxial de qualité doit permettre d'obtenir des pertes de retour n'excédant pas -25 dB à une fréquence de 3 GHz, ce qui correspond à un ROS de 1,12:1.

Selon la longueur du câble coax assemblé, on observera une courbe S_{11} avec différents « *dips* » et « bossés » plus ou moins nombreux et se reproduisant à égale distance en fonction de la fréquence. Cela est parfaitement normal : il s'agit des légers échos dans le câble dus à la présence inévitable d'ondes stationnaires, si minimes soient-elles. La mesure du *return loss* s'effectue sur le sommet des « bossés » de la courbe. On observera que les pertes de retours sont généralement minimales aux fréquences moins élevées et que celle-ci deviennent plus importantes aux fréquences élevées. Si la courbe des pertes de retour devait présenter une grosse anomalie, c'est que l'assemblage du connecteur n'a pas été effectué avec les soins requis.

C'est aussi avec la mesure des pertes de retour que l'on peut mieux détecter les éventuelles disruptions d'impédance caractéristique dans l'assemblage des connecteurs sur le câble coaxial. C'est entre autres la seule méthode valable pour comparer les disruptions d'impédances existantes dans les connecteurs UHF du type PL259 et SO-239 par rapport aux connecteurs type N qui respectent l'impédance caractéristique de 50 Ω . Une attention particulière doit être observée sur la partie de la courbe dans la plage des fréquences VHF et UHF.

Voici ci-dessous quelques clichés de mesures ayant été effectuées sur quelques câbles Ecoflex 15 Plus avec des connecteurs type N. En comparaison, nous avons ajouté un cliché de mesures sur un câble Ecoflex 15 Plus avec d'un côté un connecteur type N et de l'autre côté un connecteur PL-259 *Solderless*. Enfin, nous avons ajouté un cliché de mesure d'un câble Ecoflex 15 plus avec des connecteurs PL-259 aux deux extrémités du câble. On portera une attention particulière aux courbes des pertes de retour.

Sur les clichés de mesures, il y a à chaque fois quatre marqueurs de fréquence :

- Marqueur 1 : 145 MHz (bande VHF) ;
- Marqueur 2 : 435 MHz (bande UHF) ;
- Marqueur 3 : 1 GHz ;
- Marqueur 4 : 2 GHz.

L'étendue de mesure a été choisie volontairement entre 100 MHz et 2,1 GHz, ce qui permet d'avoir un Span avec des chiffres ronds : 2 GHz, ce qui correspond à 200 MHz par division. De cette façon, on peut facilement visualiser le comportement du câble dans la bande des 23 cm pour une fréquence de 1300 MHz qui se situe à la 6^{ème} division.

Sur une telle étendue de mesure, on voit clairement apparaître l'atténuation linéique du câble en fonction de la fréquence. C'est sur une telle étendue de mesure que l'on peut visualiser facilement la régularité ou les irrégularités des courbes à partir d'une certaine fréquence là-où ces irrégularités commencent à apparaître (anamorphose d'échelle). Les clichés n'auraient pas été autant instructifs s'ils avaient été réalisés à bande étroite entre 144 MHz et 146 MHz ou entre 430 MHz et 440 MHz. De toute façon, les mesures S_{21} et S_{11} auraient été les mêmes sur des mesures à bande étroite ou des mesures à large bande au niveau des fréquences indiquées par les marqueurs.

Vous trouverez en annexe A un tableau comparatif des quatre câbles mesurés ci-dessous avec les mesures S_{21} et S_{11} .

En premier lieu, voici un cliché de mesure sur un câble coax Ecoflex 15 Plus de 3,50 m de long avec des connecteurs type N aux deux extrémités.

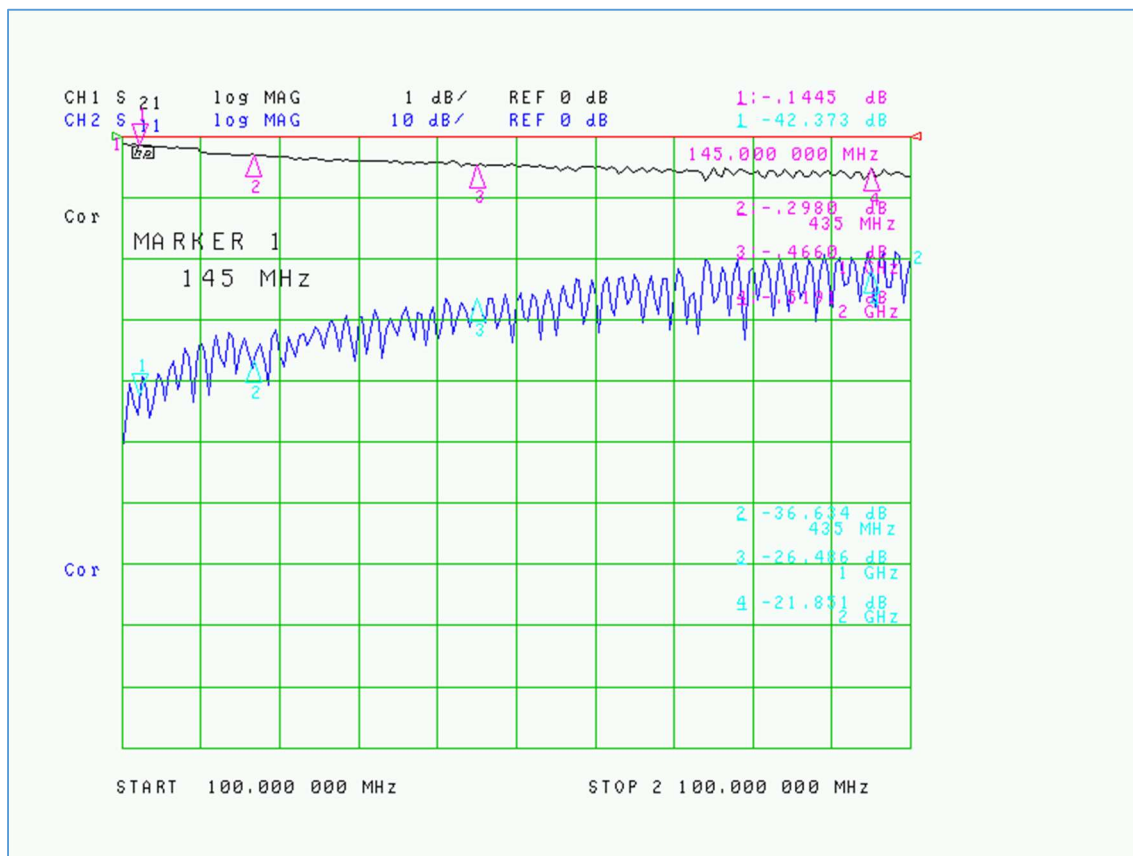


Fig. 80 : Mesures du S_{21} et S_{11} d'un câble Ecoflex 15 Plus de 3,5 m avec connecteurs type N aux deux extrémités. Cliché : ON4IJ.

Sur ce cliché, on constate la légère pente régulière de la courbe S_{21} et les différents *dips* et bosses très peu marqués de la courbe S_{11} qui sont dus aux échos dans le câble. La perte d'insertion à 1 GHz est de 0,46 dB et le *Return Loss* est de -26 dB à 1 GHz.

Voici ci-dessous un cliché de mesure sur un câble coax Ecoflex 15 Plus de 58 cm de long avec des connecteurs type N aux deux extrémités. Comme le câble est plus court que celui qui est relatif au cliché précédent, il y a moins de *dips* et bosses dans la courbe du *Return Loss*. S_{21} = 0,06 dB à 1 GHz et S_{11} = -32 dB à 1 GHz.

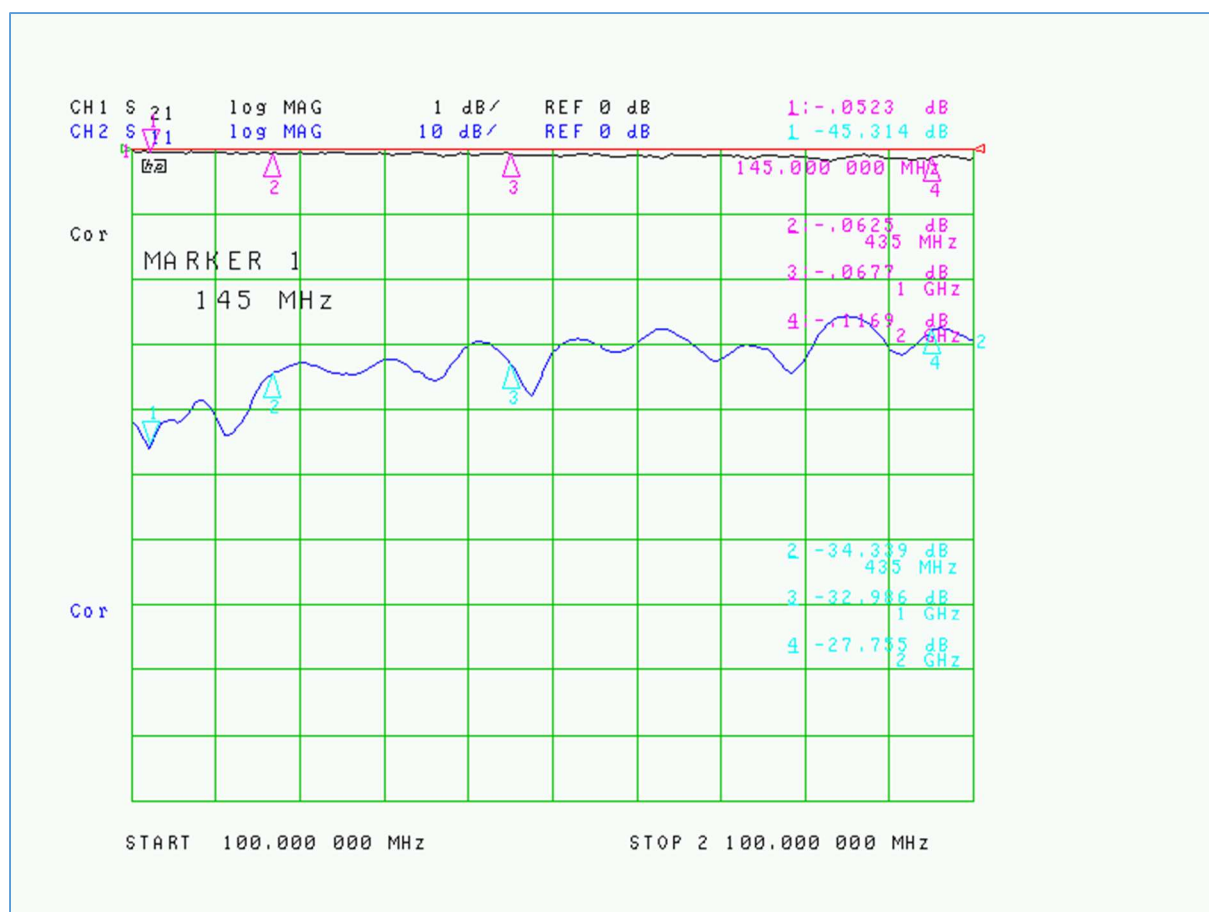


Fig. 81 : Mesures du S_{21} et S_{11} d'un câble Ecoflex 15 Plus de 58 cm avec connecteurs type N aux deux extrémités. Cliché : ON4IJ.

Nous allons ensuite comparer ces deux premiers clichés illustrés ci-dessus avec les deux suivants illustrés ci-dessous qui concernent deux câbles Ecoflex 15 Plus dont le premier est assemblé avec un connecteur type N et un connecteur PL-259, et dont le second est assemblé avec deux connecteurs PL-259.

Voici le cliché d'un câble Ecoflex 15 Plus de 75 cm de long avec un type N d'un côté et un connecteur PL-259 de l'autre. $S_{21} = 0,5 \text{ dB}$ à 1 GHz et $S_{11} = -13 \text{ dB}$ à 1 GHz. On constate que les pertes d'insertion deviennent irrégulières à partir de 7 GHz. Les pertes de retour sont plus importantes car elles sont dues à la présence d'un connecteur PL-259.

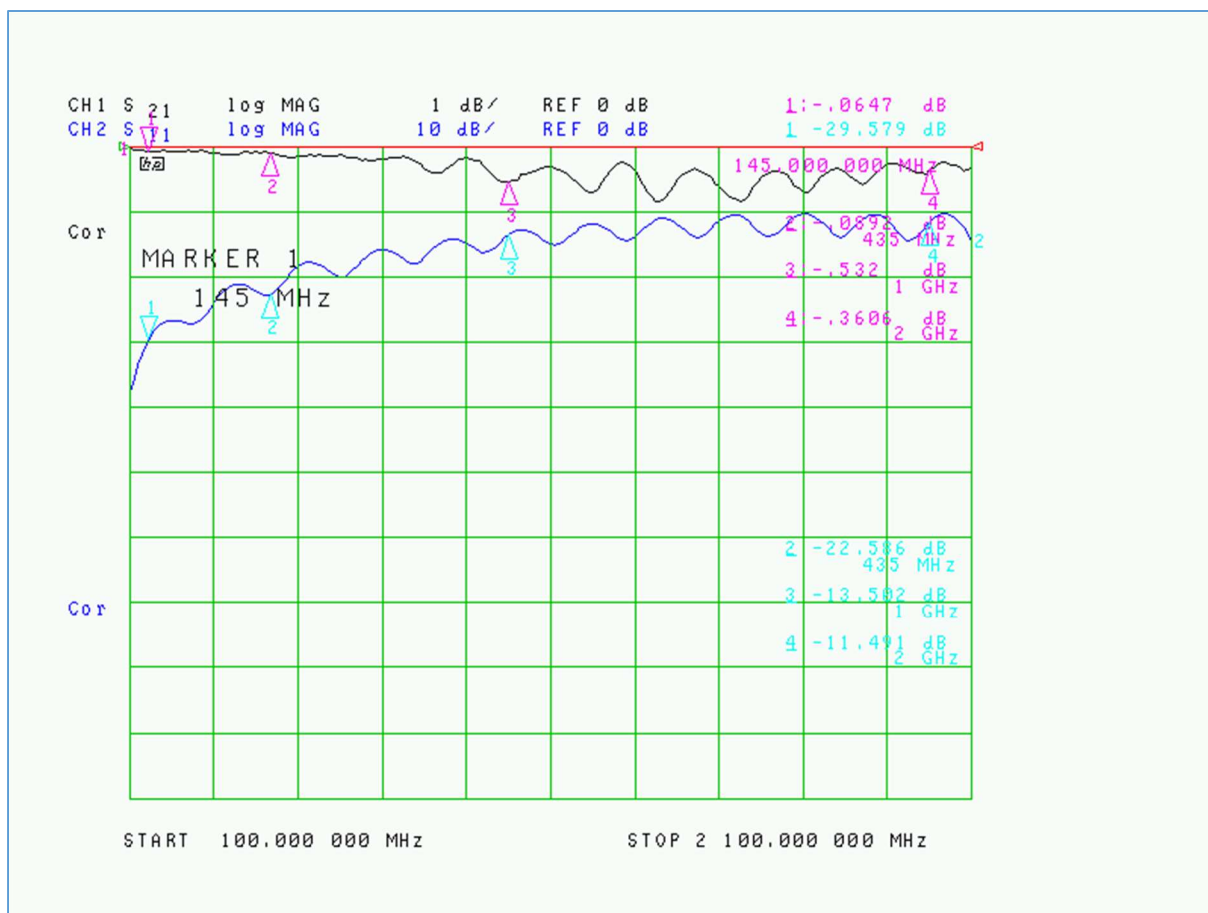


Fig. 82 : Mesures du S_{21} et S_{11} d'un câble Ecoflex 15 Plus de 75 cm avec un connecteur type N à une extrémité et un connecteur PL-259 à l'autre extrémité. Cliché : ON4IJ.

Voici le cliché d'un câble Ecoflex 15 Plus de 75 cm de long (même longueur que le câble précédent) avec des connecteurs PL-259 aux deux extrémités. $S_{21} = 1,2$ dB à 1 GHz et $S_{11} = -8$ dB à 1 GHz. On constate que les pertes d'insertion deviennent irrégulières dès 300 MHz. Les pertes de retour sont encore plus importantes et surtout très irrégulières. On constate la forte influence des deux connecteurs PL-259 aux deux extrémités du câble. Ces connecteurs provoquent des disruptions d'impédances qui se manifestent par des grands écarts entre les *dips* et bosses de la courbe des pertes de retour. On comprend mieux à présent les raisons pour lesquelles les connecteurs type N sont préférables en VHF et recommandés en UHF.

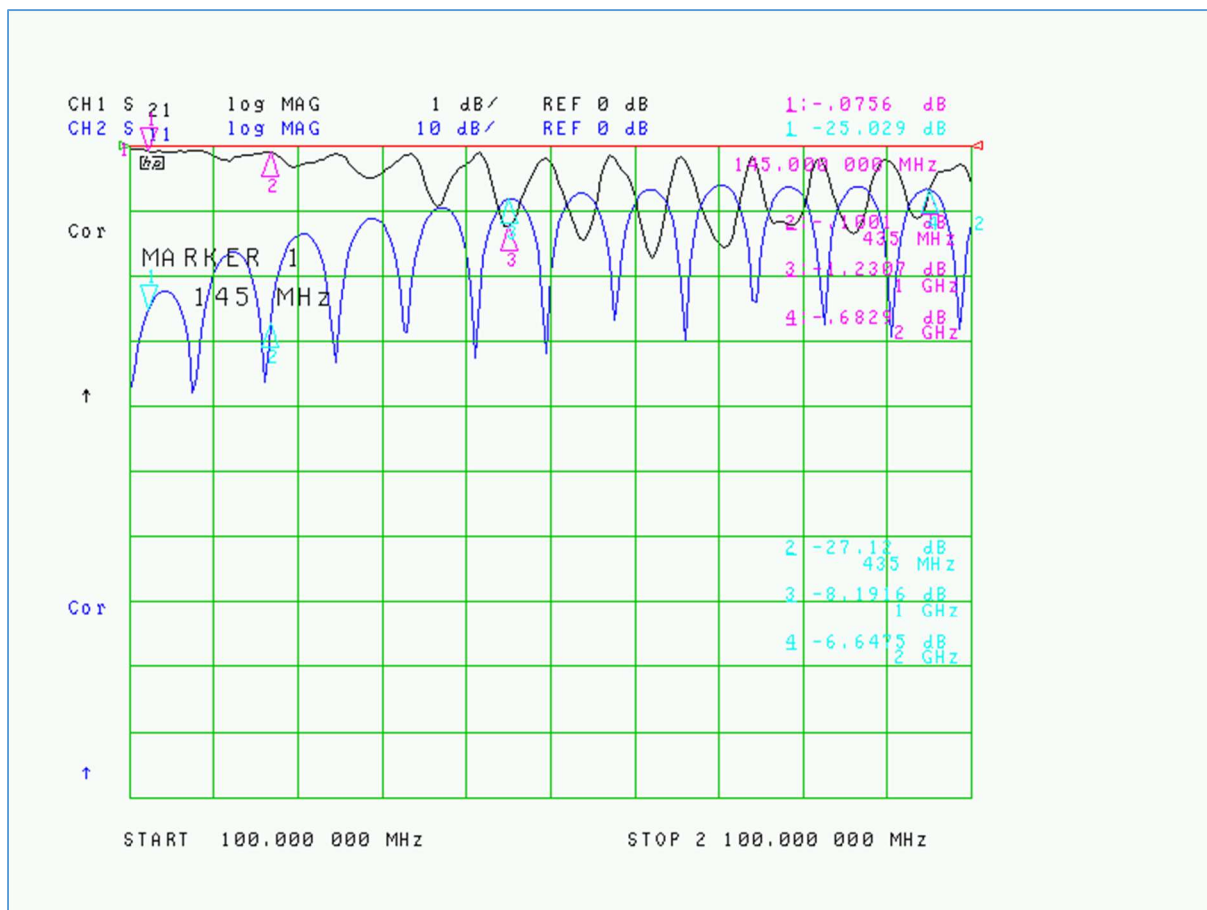


Fig. 83 : Mesures du S_{21} et S_{11} d'un câble Ecoflex 15 Plus de 75 cm avec des connecteurs PL-259 aux deux extrémités. Cliché : ON4IJ.

Conclusions

Nous avons examiné le mode d'emploi de l'assemblage d'un connecteur type N sur un câble à double blindage du type Ecoflex 15 Plus.

L'opération d'assemblage d'un connecteur coaxial type N demande du temps et le plus grand soin pour des applications en VHF et en UHF. Il y a une multitude de détails de l'assemblage qui comptent tous autant les uns que les autres.

Il y a différentes qualités de connecteurs type N selon le grade de ceux-ci. Les connecteurs de qualité ne se trouvent qu'auprès de fournisseurs sérieux. Il y a lieu de se méfier des connecteurs dont le prix est anormalement bas. Il faut compter environ entre 12,00 et 14,00 Euros (TVA incluse) en 2023 pour un connecteur type N mâle de qualité pour câble Ecoflex 15 Plus.

Les tests d'un câble coaxial assemblé avec des connecteurs ne s'effectuent pas avec un multimètre mais avec un analyseur de réseau vectoriel (VNA ou nano VNA).

Le comparatif des courbes S_{21} et S_{11} entre un câble équipé de connecteurs type N par rapport à un câble équipé de connecteurs PL-259 nous montre toute l'utilité des connecteurs type N pour des applications dès la gamme des fréquences VHF et montre leur usage recommandé pour la gamme des fréquences UHF.



Fig. 84 : Quatre câbles coax Ecoflex 15 Plus assemblés avec des connecteurs type N. Cliché : ON4IJ.

C'est à vous maintenant de passer à la pratique.

Annexe A : mesures au VNA de quatre câbles coax Ecoflex 15 Plus

Câble coax	3,50 m N-N		58 cm N-N		75 cm N-PL		75 cm PL-PL	
Mesure [dB]	S ₂₁	S ₁₁	S ₂₁	S ₁₁	S ₂₁	S ₁₁	S ₂₁	S ₁₁
145 MHz	0,14	-42	0,05	-45	0,06	-29	0,07	-25
435 MHz	0,30	-36	0,06	-34	0,09	-22	0,1	-18
1,0 GHz	0,47	-26	0,07	-33	0,4	-13	1,2	-8
1,3 GHz	0,50	-24	0,08	-30	0,5	-12	1,0	-7
2,0 GHz	0,52	-21	0,12	-28	0,4	-11	0,7	-6