

Une aventure à propos du couplage d'une antenne. (on5hq)

A l'obtention de son call, ON6GMT fut confronté, (comme nous tous), avec le problème de son antenne : laquelle choisir dans la gamme des antenne multibandes afin d'éviter la « multiplication des fils » !!! (par manque d'espace disponible)

Le choix se porte sur une Lévy de 2 x 15m (espace disponible), avec la contrainte du coupleur indispensable à ce genre d'antenne.

Pour l'accord de son antenne, il disposait d'une boîte de couplage en T classique (MFJ941) et d'un balun transformateur d'impédance 4/1.

Le balun installé dans la boîte de couplage MFJ n'est pas utilisé car, bien que annoncé pour une puissance de 300 W max., sa taille est tellement réduite qu'il vaut mieux l'oublier (même avec 100W), et un balun extérieur de dimensions raisonnable fut donc utilisé.

Malgré l'utilisation de ce balun, des difficultés de couplage apparaissent sur certaines bandes. Bien que la Lévy soit une antenne qui demande surtout de la symétrie, et qui peut être **de longueur quelconque** tant du point de vue des brins rayonnant que de la longueur des feeders (**j'insiste, mais pour autant que l'on dispose de la boîte d'accord adéquate bien sur**) mais sans toutefois tomber dans le ridicule en ce qui concerne la réduction de longueur des brins rayonnants ; car une **longueur minimum de $2 \times \lambda/8$ pour les brins rayonnant est indispensable sous peine de voir le rendement s'effondrer très rapidement et dangereusement, et de constater l'apparition de pertes même dans une ligne à fils parallèles.**

Mais certaines longueur de « brin rayonnant + feeder » rapportent à la base du feeder une impédance telle que ce procédé de couplage on difficile de travailler correctement, ou ne parviennent tout simplement plus à accorder l'antenne parce qu'on est sorti des limites de réglages de la boîte de couplage, ce qui semblait être le cas chez ON6GMT.

Après examen du coupleur MFJ, une première amélioration fut obtenue en remplaçant le capot métallique supérieur par une plaque en matériaux isolant afin d'éviter la présence d'une « spire en court-circuit » en face de l'extrémité chaude de la bobine (voir l'article sur les coupleurs dans le flash info. du moi de juin 2009), mais des problèmes subsistaient toujours (on a vu des capots de coupleurs MFJ chauffer à cause des pertes dans la masse métallique, et cela est autant de puissance en moins pour envoyer à l'antenne). J'aimerais rappeler que, si certains coupleurs commerciaux présentent des pertes, et pratiquement tous à des degrés divers dans certaines conditions critiques ou limites (mais je fais remarquer que cela est aussi le cas des lignes de transmission qui présentent parfois elles aussi des pertes prohibitives!!!), un coupleur bien conçu et utilisé dans des conditions normales ne doit pas présenter de pertes significatives. Le rôle d'un coupleur est de compenser la réactance présente au point d'alimentation et de transformer l'impédance afin de présenter une impédance résistive et de 50 Ω à l'émetteur.

Après l'installation de ce dispositif de couplage, je découvre les ouvrages de F9HJ, qui corroboraient mes conclusions en écrivant, dans ses livres intitulés : « Antennes Bandes Basses 160-30m » et « les antennes Lévy clé en main », voici ce qu'il écrit au sujet du montage « coupleur + balun » :

(Antennes Bandes Basses 160-30m - pages 114-115)

ALIMENTATION A PARTIR D'UN COUPLEUR SUIVI D'UN BALUN

Un balun qui a son circuit magnétique dans l'air, dans de la poudre de fer ou du ferrite, peut agir comme un autotransformateur à très large bande passante, pouvant couvrir tout le décimétrique.

Suivant le rapport des nombres de spires de ses enroulements, connectés d'une part à l'échelle et d'autre part au coupleur, il va présenter à ce dernier, sous une forme asymétrique, l'impédance (ou une fraction de celle-ci), présente à la base de l'échelle d'une façon symétrique. Par exemple, $Z(\text{éch.}) = 400 - j100$ devient $100 - j25$ aux bornes du coupleur. (Fig. 1).

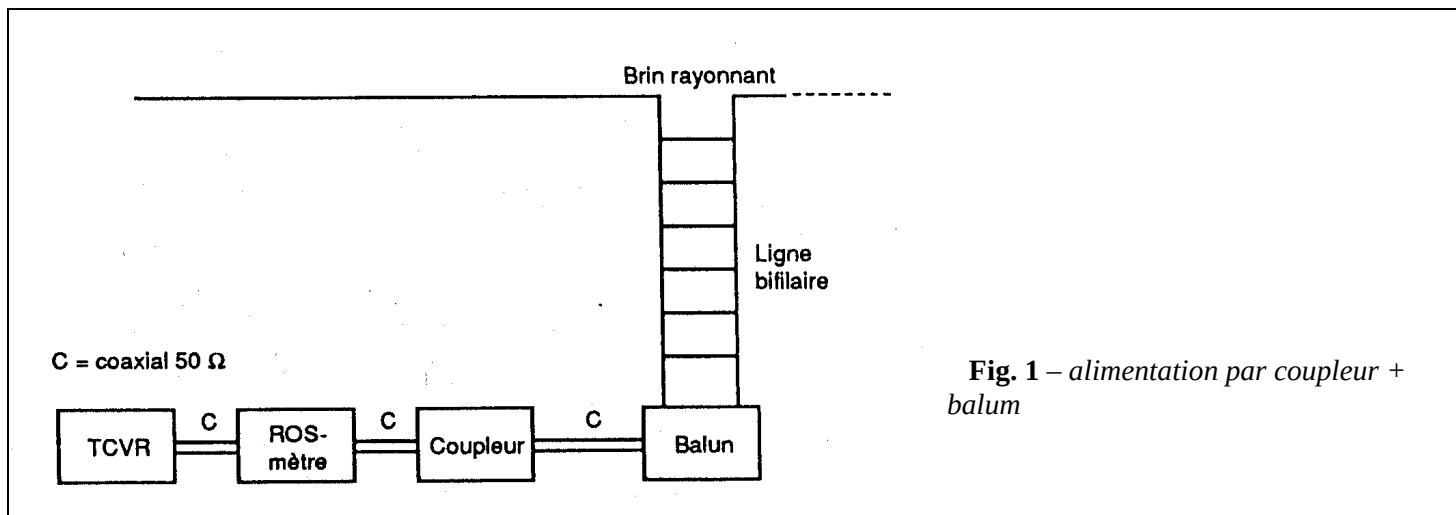


Fig. 1 – alimentation par coupleur + balun

Ce montage existe dans certains coupleurs commerciaux qui contiennent, en plus d'une sortie pour coaxial, un balun 1/4. Il a le mérite d'être simple et sa mise en œuvre rapide. Mais il peut, dans certains cas, poser des problèmes avec un balun sur poudre de fer ou ferrite. Suivant les cas, on peut lui reprocher:

- à cause de la faible perméabilité de la poudre de fer, de nécessiter, pour un bon transfert sur les bandes basses, plus de spires qu'on ne peut en bobiner sur le tore,
- si, pour cette raison, on choisit le ferrite, il y a risque de saturation, lorsque l'impédance est élevée au bas de l'échelle. Elle est responsable d'un échauffement qui entraîne un rendement d'autant plus mauvais que la perméabilité diminue. Le ferrite peut se mettre à engendrer des harmoniques ou des oscillations parasites, notamment sur le spectre UHF.

Pour éviter ces ennuis, il faut surestimer le volume du tore, choisir pour la Lévy, une longueur filaire qui n'amène pas un nœud d'intensité aux bornes du balun (éviter les hautes impédances).

Il convient de vérifier, enfin, que le balun présente à la sortie du coupleur, sur chaque bande, une impédance comprise entre les limites des possibilités d'adaptation de ce dernier.

(Antennes Lévy clés en main - pages 84 à 88)

Coupleur + balun

a) Principe (fig. 2)

Dans le sens (Antenne → TRX), nous trouvons le balun réducteur d'impédance 4/1, qui **divise** théoriquement la résistance **et** la réactance par **4**, pour les présenter à la sortie du coupleur.

Ce balun est souvent inclus dans le coupleur.

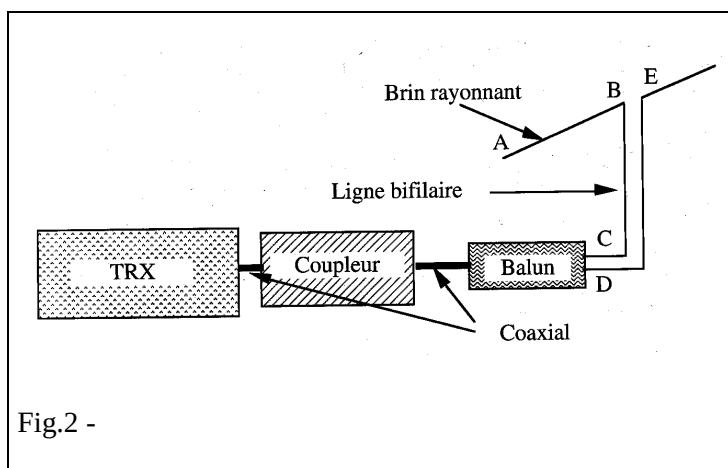


Fig.2 -

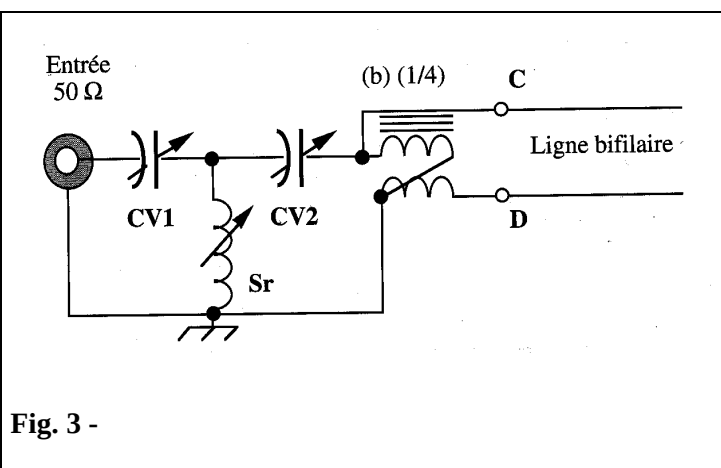


Fig. 3 -

Le coupleur annule la réactance et transforme la résistance pour la ramener à une valeur de 50 Ω.

La fig. 3 donne le schéma, à partir d'un coupleur en « T » passe-haut (de plus en plus fréquent dans le commerce pour des raisons d'économies).

Les 2 condensateurs variables en série n'ont pas à supporter un potentiel élevé entre leurs lames, comme dans le cas d'un transmatch par exemple.

b) limites du coupleur.

Un problème peut surgir, principalement dans l'utilisation d'une boîte d'accord automatique, suivie d'un balun élévateur de rapport 1/4.

Par exemple; la notice du constructeur donne pour limite inférieure d'adaptation résistive, 25Ω et 150Ω.

Nous les retrouvons entre C et D, multipliés par 4, soit : 100 Ω et 600 Ω.

Les résistances présentées par la Lévy, entre C et D, supérieures à 600 Ω, ne pourrions être adaptées. Il en est de même pour celles inférieures à 100 Ω.

Une parade peut consister à employer un ballun de rapport plus élevé, 1 / 6 par exemple, comme celui utilisé sur les FD4 et FD3, qui va fournir la plage d'adaptation entre : 150 Ω et 900 Ω.

Mais le problème est déplacé vers les résistances inférieures à 150 Ω.

c) limites du balun.

La présence d'un balun, à la sortie d'un coupleur, peut poser de sérieux problèmes quand :

R en C et D est > 500 Ω

et/ou $X < -j 1,5 \text{ k}\Omega$

et/ou $X > +j 1,5 \text{ k}\Omega$

Ces difficultés se trouvent toutes dans la zone de haute résistance.

Pourquoi ?

(1) – rendement

Le balun classique transfère principalement l'énergie RF magnétiquement, et de plus en plus électriquement, sur les fréquences élevées, par capacité.

Il est un ensemble complexe, que l'on dessine, pour simplifier, comme un autotransformateur, mais il convient d'ajouter souvent des condensateurs de liaison !

Les OMs de ma génération se souviennent peut être des transformateurs Moyenne-Fréquence, qui contenaient des capacités entre primaire et secondaire.

Leur fonctionnement était proche de celui d'un balun, mais, évidemment, sur une fréquence unique.

(2) – Problèmes du nombre de spires.

Supposons un balun de rapport 1 / 4, sur poudre de fer, avec $R = 1 \text{ k}\Omega$, entre C et D.

On aura à son entrée, donc à la sortie du coupleur, la résistance $r = R/4 = 250 \Omega$

Pour pouvoir conserver, sur toutes les bandes, un coefficient de surtension élevé, (de façon à ne pas devoir munir les CV de démultiplicateurs), la faible perméabilité de la poudre de fer conduit à un nombre élevé de spires, qu'on ne peut faire passer dans « l'œil » du tore.

(3)- problème de la saturation du ferrite.

Sa grande perméabilité peut conduire à une saturation lorsqu'il doit opérer sur des résistances élevées.

Commence alors un cercle vicieux redoutable :

- Le ferrite s'échauffe, sa perméabilité diminue, son rendement décroît.

- Il s'échauffe encore plus, sa perméabilité diminue considérablement, son rendement décroît encore plus vite.

- A la température du point de Curie, la perméabilité tombe à 1, celle de l'air.

Cela se termine souvent, hélas, par la destruction du balun !

Pendant ce temps, le balun se transforme souvent en émetteur sur les UHF.

Par un processus assez mal connu, il génère des fréquences aléatoires, sans lien mathématique avec celle du courant RF qu'il transforme.

En résumé :

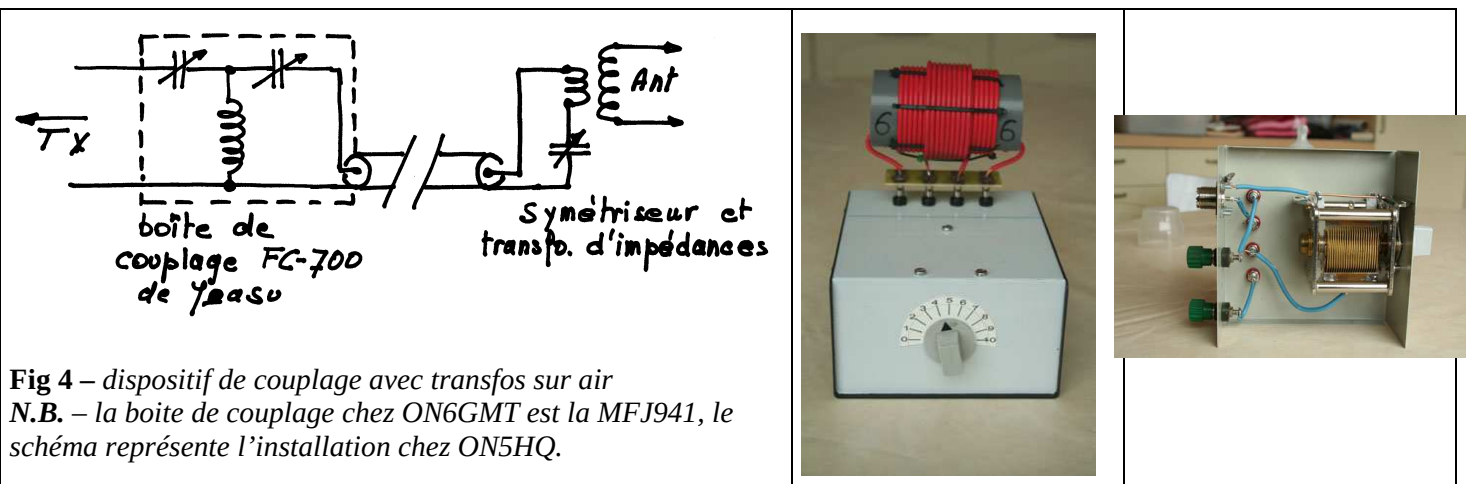
- L'ensemble « coupleur + balun / élévateur d'impédance » existe commercialement, sinon, il est aisé d'adjoindre un tel balun à un coupleur existant.

- Des problèmes sérieux sont à redouter sur les bandes où la Lévy doit être alimentée en haute impédance, avec une forte réactance.

Mais l'amélioration la plus spectaculaire fut obtenue en remplaçant le balun sur tore ferrite par un symétriseur sur air, un dispositif tout simple représenté fig. 4).

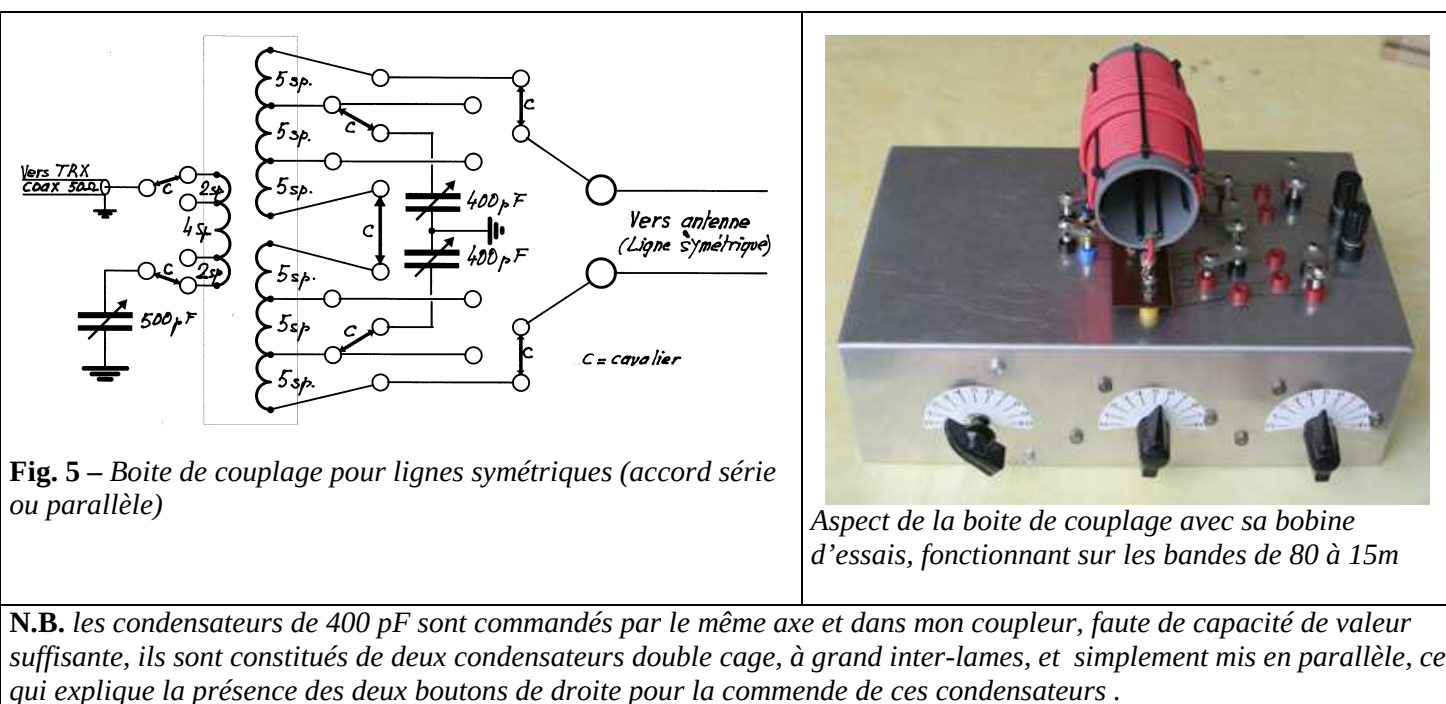
La symétrisation se fait à l'aide d'un transfo interchangeable sur air, pour parcourir dans les meilleurs conditions les bandes HF. L'enroulement primaire (link de couplage) est en série avec un condensateur variable qui intervient dans le réglage du dispositif « coupleur + balun ».

Un transfo peut servir sur plusieurs bandes, et il est possible de se constituer une gamme de transfos pour couvrir un maximum de cas possibles.



Cette amélioration spectaculaire invitait naturellement à éliminer autant que possible les baluns sur tore magnétiques, malgré la manipulation supplémentaire pour accorder l'antenne (réglage du condensateur variable du système de symétrisation).

Ce procédé de couplage a vu son efficacité confirmée à plusieurs reprises et est utilisé couramment aux stations ON6GMT et ON5HQ avec grande satisfaction. Il fut utilisé lors d'une activité à Villers-la-Ville, où l'antenne fut « montée sur place » tout simplement en prenant des longueurs égales de environ 15 m pour les brins rayonnants (espace disponible) et en ne prenant comme longueur de feeder (twin 450 Ω) que celle strictement nécessaire. L'accord fut réalisé sans aucun problèmes dans les bandes où on désirait travailler, c'est à dire le 80, 40 et 20 m, et il n'est pas constaté de problèmes de couplage (sauf avec le mfj !!).



Mais la solution qui permet un accord sans problèmes de toutes longueur de fils « antenne + feeder » fut le montage d'une boîte d'accord spécialement prévue pour lignes symétriques (fig. 5), qui permet l'accord série

ou parallèle, et qui n'est autre qu'une nouvelle version de la boîte d'accord à bobine interchangeable utilisée chez ON5HQ depuis 1971. Il s'agissait de la troisième version qui se différencie des précédentes par la bobine à prise, permettant le fonctionnement sur plusieurs bandes avec la même bobine.

Deux bobines suffisent pour toutes les bandes HF.

Cette boîte d'accord a été décrite dans ces lignes, et est visible sur le site de BTS (<http://bts.uba.be>) ou sur le site de ON5HQ (<http://users.skynet.be/on5hq>)

Chez ON6GMT, la récompense était au rendez-vous ; l'accord se faisait sans aucun problème, y compris sur la bande des 3,5 auparavant si problématique avec le coupleur en T associé au balun classique.

Lors des fielddays, le coupleur utilisé était celui de ON5HQ dont les fils antennes mesuraient une vingtaine de mètres et le ligne d'alimentation simplement coupée à la longueur nécessaire.

L'accord de l'antenne s'est effectué sans problèmes sur les bandes de travail (80 et 40 m).

Chez ON6GMT, la longueur des brins rayonnants fait environ 16 m et chez ON5HQ, environ 18,5 m (espace disponible dans les deux cas), la longueur de la ligne d'alimentation est simplement celle nécessaire pour aller de l'antenne à la station, sans penser à des longueurs bien particulières pour faciliter l'accord.

Ceci montre bien encore que, **avec un système d'accord approprié**, l'accord de l'antenne Lévy se fait sans problèmes quel que soit la longueur des brins rayonnant et de la ligne (car il s'agit bien d'un accord de l'antenne, ou plus exactement, du système antenne + ligne d'alimentation dans le cas de la Lévy).

Un câble coaxial présenterait, dans ces conditions, des pertes tellement grandes que pratiquement toute la puissance serait consommée dans le câble !!! La ligne bifilaire reste bien une ligne à faibles pertes.

Remarque à propos des lignes d'alimentations:

Avec une ligne à fils parallèles (dite « échelle à grenouille !! »), et malgré sa réputation de ligne à « faibles pertes », lorsque la longueur des brins rayonnants atteignent une longueur $\lambda/8$ et en deçà, les pertes prennent rapidement de l'importance et le rendement de l'antenne (ligne + brin rayonnant) diminue fortement (grand ROS et faible impédance au point d'alimentation).

La perte de puissance atteint des valeurs, pour $2 \times \lambda/8$, de 20 à 50 % en fonction de la longueur de la ligne, ce qui représente de 1 à 3 dB, c'est à dire jusque $\frac{1}{2}$ point S. Bien sûr, cela n'est pas encore dramatique et permet toujours un trafic normal, et cela grâce à la ligne à fils parallèles, qui, malgré ces pertes, reste une ligne à faibles pertes. A titre de comparaison, pour un ROS = 1 (ondes progressives), une ligne bifilaire présente une perte de +/- 0,01dB/10m de longueur contre +/- 0,9dB/10 mètres de longueur. Les pertes dans un feeder de ROS = ρ sont approximativement égales à celles du même feeder parcouru par des ondes progressives multipliées par le coefficient $1 + \rho^2/2$, qui peut se simplifier par $\rho/2$ lorsque le ROS ρ atteint 3.

Dans le cas d'une antenne Lévy de 2×10 m alimentée par une ligne à fils parallèles, le ROS peut atteindre des valeurs de l'ordre de la centaine, et donc, les pertes multipliées par 50 environ, ce qui donne, pour une ligne bifilaire, environ : $0,01 \times 50 = 0,5$ dB/10m de ligne, tandis que pour un câble coaxial, les pertes atteignent $0,3 \times 50 = 15$ dB/10m de ligne : ➔ sans commentaires !!!!! ; la ligne bifilaire reste bien une ligne à faibles pertes.

N.B. : ce sujet sera développé dans un prochain article

ON5HQ