

gestellt werden, ob das Gerät EMV-konform ist. Dies fällt in den Bereich des Eidg. Starkstrom Inspektorates (ESI).

Das ESI wird vom Hersteller oder dem Generalimporteur die Konformitätserklärung für den betreffenden Gerätetyp anfordern. Dieses Dokument enthält Angaben über die EMV-Konformitätsprüfung, die durchgeführten Messungen und entsprechenden Resultate.

Anhand dieses Dokumentes wird das störende Gerät erneut geprüft und festgestellt, ob es tatsächlich EMV-konform ist. Wenn nicht, ordnet das ESI Abhilfemassnahmen an.

Ist das Gerät aber EMV-konform und stört trotzdem, so kommt Art. 13 der EMV-Verordnungen zum Zug (siehe oben), d.h. man versucht trotzdem «irgendwie» zu einer für beide Parteien akzeptablen Lösung zu kommen.

11. Schlussbemerkungen

Es braucht sehr viel Geduld und Durchhalten, man muss dran bleiben. Wir Funkamateure müssen immer die Initiative ergreifen und die Ereignisse vorantreiben, immer freundlich, aber bestimmt und zielstrebig «pushen», sonst passiert gar nichts.

Leider existiert in der Schweiz kein so schöner Artikel, wie in den FCC regulations, part 15 (vgl. Abs. 9, oben). Aber da es um die Weiterführung des geliebten Hobbys geht, ist die entsprechende Motivation sicher vorhanden.

Die beschriebene Art von Störungen tritt immer in unmittelbarer Nachbarschaft auf, d.h. man sieht sich und kennt sich meist persönlich. Es dürfte deshalb selbstverständlich sein, dass man sich immer um einen guten Ton bemüht. Die Besitzer oder Betreiber der störenden Geräte können nichts dafür und bemerken selber die Störungen kaum. Man will ja auch weiterhin miteinander gut auskommen.

Man soll es immer zuerst mit bilateralen Verhandlungen mit derjenigen Stelle versuchen, die das Gerät auf den Markt bringt. Das ist

entweder der Hersteller, oder wenn der sich im Ausland befindet, der Generalimporteur.

Über Verkäufer und Vertriebsgeschäfte ist kaum Hilfe zu erwarten, da diese nicht über das notwendige Fachpersonal und die entsprechenden Einrichtungen verfügen.

Es ist empfehlenswert, wenn man sich ein Lager an Störschutzmitteln anlegt, da eine solche Störsituation von einer Minute zur anderen auftreten kann. In Frage kommendes Material ist im «USKA-Störschutz-Koffer» enthalten, den man leihweise für kurze Zeit von der USKA-Störschutzkommission anfordern kann. Der Koffer enthält Mustermaterial wie Filter und Drosseln sowie Empfehlungen zur Eingrenzung von Störungen, wie auch Bezugsquellen-Angaben und Tips zur Herstellung eigener Mittel. Das Thema ist dort natürlich umgekehrt, d.h. entstören von Geräten welche durch den Funkamateure beeinträchtigt werden. Aber Elemente wie Drosseln und passive Filter wirken ja beidseitig, d.h. sie verhindern einerseits, dass störende Signale in das Gerät eindringen, aber auch, dass «Dreck» aus dem Gerät austritt und abgestrahlt wird. Schliesslich möchte ich mich bei Walter, HB9ZS von der Störschutzkommission herzlich bedanken für diverse Gespräche und Tips.

«One down, one to go»:

Da habe ich noch den andern Nachbarn, bei dem schon mehrmals versucht wurde einzubrechen, wobei immer Sachschaden entstand. Der gute Mann hat nun sein Haus und seinen Garten zur Abschreckung «verdrahtet» und das Drahtverhau an einen Weidewächter angeschlossen, mit dem Resultat, dass ich nun S9+30 «Klicks» im 1-Sekundentakt auf allen Bändern höre, wenn er nicht zuhause ist. Da muss ich wohl wieder verhandeln, aber wenn ich verlange, dass er den Weidewächter abstellt und dann wieder eingebrochen wird, so macht er mich vielleicht für den Schaden haftbar!?

«A DXers life is a hard life...»

Introduction aux lignes de transmission et aux fibres optiques (Part 3)

Werner Tobler (HB9AKN), Chemin de Palud 4, 1800 Vevey

2.6. Pertes dans les lignes

Les pertes dans les lignes de transmission sont dues aux matériaux constituant ces lignes. Pour les lignes coaxiales, nous joignons à l'exposé des tableaux de pertes tirés de l'excellente documentation de la firme SUHNER. Le lecteur pourra s'en inspirer largement car même s'il existe des différences entre fabricants, ces tableaux donnent des

ordres de grandeur amplement suffisants pour la pratique. Avec les câbles coaxiaux, une première indication pratique de l'importance des pertes sera le diamètre du câble. Quelle ne fût pas notre surprise de remarquer que le câble coaxial 50 Ohms de sortie de l'émetteur de Schwarzenburg avait un diamètre externe de l'ordre de 30 cm!! Chez nous autres amateurs, on aura tout au plus un diamètre de l'ordre de 1 cm et passablement de difficultés pour mon-

ter les fiches aux extrémités d'un tel câble. Une indication utile pratique consiste à observer si le câble, en plus de la gaine tressée, possède un feuillard entourant celle-ci. C'est une indication certaine de qualité.

Pour les pertes dans les lignes symétriques, nous ne possédons aucune documentation. Il est vrai qu'elles sont peu utilisées en régime d'ondes progressives. En régime d'ondes stationnaires, les pertes dépendront principalement de la qualité de l'isolation entre les conducteurs ainsi que de l'écartement entre ceux-ci. Ainsi, il est sage en émission de ne pas avoir une distance inférieure à 4 cm entre conducteurs comme déjà dit. Il serait intéressant de pouvoir disposer de la courbe indiquant les pertes en fonction de la distance entre conducteurs. On verrait peut être qu'à partir de 10 cm, les pertes ne diminuent plus sensiblement et sont quasiment nulles. De toute façon, l'expérience montre que ce type de ligne est de loin supérieur à la ligne coaxiale pour ce qui est des pertes.

Nous terminons ici cette brève introduction à la théorie des lignes. Nous aurions pu la prolonger mais avons jugé plus sage de ne pas dégouter l'amateur peu théoricien qui aura déjà trouvé cet exposé trop long. Pour les autres, ceux qui veulent poursuivre l'étude sur leur lancée, qu'ils se réfèrent à la bibliographie. Comme ouvrage théorique de base, en langue française, nous recommandons le «Jean Quinet» qui a le grand mérite d'être **très pédagogique**. En effet, le professeur Quinet enseignait à l'école supérieure d'électricité de Paris, et tous les développements mathématiques sont disséqués minutieusement. Je ne sais si ce remarquable ouvrage est toujours disponible, aussi, si ce n'est pas le cas, je pourrai toujours faire des photocopies pour les lecteurs intéressés. L'ouvrage «Pratique des Antennes» est moins théorique mais rempli de connaissances indispensables et pratiques. Cet ouvrage a été réédité (8ème édition).

3. Réalisation pratique des lignes

De grands progrès ont été accomplis dans la réalisation des câbles coaxiaux, progrès rendus nécessaires par l'utilisation de fréquences de plus en plus élevées. On trouve actuellement sur le marché des câbles 50 Ohms produisant des atténuations de 4db au 100 mètres à des fréquences de 450 MHz. Certains sont réalisés à l'aide d'une gaine tressée additionnée d'un feuillard d'aluminium. D'autres sont à double gaine séparées par un isolant etc. Bref il y a beaucoup de variantes possibles. Sans vouloir faire de la publicité, pour l'amateur qui désire connaître en détail toutes

ces variantes, nous lui suggérons de s'adresser à la maison Suhner à Hérisau.

A ma connaissance, les valeurs normalisées suivantes sont disponibles sur le marché: 50, 52, 60, 75 Ohms

On peut obtenir une faible valeur d'impédance caractéristique (par exemple 30 Ohms pour une antenne quart d'onde) en branchant deux câbles 60 Ohms en parallèle.

La constitution de l'âme du câble est très importante et on pourra lire sur les courbes Suhner ci-jointes, de sensibles différences d'atténuation. Le diamètre devient hélas assez important dès que l'on veut minimiser les pertes, ce qui pose des problèmes de souplesse et de montage des fiches. La documentation Suhner très riche en renseignements de toutes sortes, nous indique plusieurs sortes de graphiques très intéressants soit:

- A) L'atténuation d'un câble 50 Ohms **simple gaine** isolé polyéthylène pour différents diamètres et constitutions de l'âme.
- B) La puissance véhiculée admissible de ce même câble.

On le voit, cela fait beaucoup de courbes à consulter, mais nous avons trouvé utile que l'amateur puisse disposer de données fiables qui constituent **des ordres de grandeur** pouvant être utilisés avec d'autres matériels que le Suhner, partant de l'hypothèse que de gros écarts sont peu probables entre les différents fabricants.

Beaucoup plus simple pour l'amateur est l'**utilisation des lignes accordées**, et la simplicité de la réalisation pratique fait sourire. Le coût d'une telle ligne est très bas, autant d'atouts qui parlent en sa faveur. C'est d'ailleurs l'ignorance presque totale de ce type de lignes auprès des jeunes qui a motivé la rédaction de cet article. Prenez deux conducteurs de cuivre pleins émaillés de type moteur d'un diamètre de 1,5 à 2,5 mm ou bien du câble tressé multibrins spécial pour antenne, déroulez en la longueur calculée, sur un pré, maintenez les deux conducteurs à l'aide de batonnets isolants (PVC, plexiglass, etc) à une distance constante et c'est terminé. Que voulez vous de plus simple? Pour l'accord de cette ligne voir le chapitre «Mesures». L'écartement, nous le répétons, ne sera pas inférieur à 4 cm, mais pourra aller jusqu'à 30 cm, voir plus. Cet écartement **n'est pas très important**. Cette ligne, il est vrai exige un espace déterminé pour être érigée. Mais n'oublions pas que, si elle prend vraiment trop de place, on pourra toujours l'enrouler sur un support de grand diamètre pour absorber ce surplus de longueur.

4. Mesures

Généralités:

Les mesures à effectuer sur les lignes de transmission peuvent rendre de grands services à l'amateur, et ne nécessitent heureusement pas un laboratoire bien équipé. Le plus souvent, il suffira d'utiliser un transceiver, une charge fictive, un ROS mètre, pour mener à bien les différentes mesures. Un oscilloscope ou un voltmètre HF rendra de grands services.

4.1 Problèmes pratiques

Du fait de la très grande diversité des genres d'application, les matériels sont eux aussi d'une grande diversité. Il en résulte une cohabitation d'une quantité de normalisations différentes, et, il faut bien le reconnaître, il est de plus en plus difficile de s'y retrouver. De plus, dès que l'on adopte une norme, on est prisonnier d'une technologie qui a ses limites, et l'on devra de plus disposer de l'appareillage nécessaire pour le montage des fiches. Ensuite, pour travailler rationnellement, il faudra songer aux innombrables adaptateurs nécessaires afin de rendre différentes normes compatibles. Nous ne noircissons pas le tableau par plaisir mais ces ennuis constituent le pain quotidien de beaucoup de professionnels. Ainsi, nous conseillons vivement à l'amateur expérimentateur de ne pas s'égarer avec une trop grande quantité de normes différentes, mais de se limiter aux plus courantes. Nous le reconnaissons, c'est plus facile à dire qu'à faire, et n'importe quel expérimentateur finit fatalement par posséder d'innombrables adaptateurs et câbles munis de fiches de toutes sortes. Rien n'est plus ennuyeux que de commencer des mesures et de manquer de matériel.

4.2 Câbles coaxiaux

Le problème classique que l'on rencontre est celui présenté par ce beau câble de bonne allure, mais dont on ignore tout. Sur certains câbles se trouve marquée la valeur de l'impédance caractéristique, sur d'autres c'est l'absence totale d'inscriptions, ou parfois plétore d'inscriptions diverses et il faudra essayer de trouver parmi tous ces caractères une suite éventuelle comme 50 ou 60 ou 75 qui pourrait éventuellement signifier la valeur de l'impédance caractéristique. La meilleure solution sera de toujours se munir d'un pied à coulisse et d'une calculette. En appliquant l'expression algébrique déjà mentionnée, on pourra ainsi calculer l'impédance caractéristique. Il reste heureusement la mesure. De plus en reprenant les valeurs des diamètres publiées par Suhner, on pourra retrouver la bonne courbe d'affaiblissement.

Les câbles de gros diamètre seront à préférer pour la transmission de puissance, car les pertes peuvent varier de 2,5db/100 m à 35db/100 m pour 7 MHz (voir Fig. 10, Fig. 11) pour des câbles usuels.

Nous mesurerons les valeurs suivantes:

Le facteur de vitesse v

L'impédance caractéristique Z_c

L'atténuation en db par 100 mètres.

4.2.1 Facteur de vitesse. v

Principe de la mesure (voir Fig. 12):

Nous exploitons une propriété de la ligne quart d'onde, selon laquelle l'impédance à l'opposé du court-circuit est infinie pour la fréquence d'accord. Branchée en parallèle sur la ligne de la charge fictive, son influence est alors nulle pour cette fréquence.

Nous alimentons à l'aide du transceiver une antenne fictive adaptée de par exemple 50 Ohms, à travers un ROS mètre. Ainsi, l'indica-

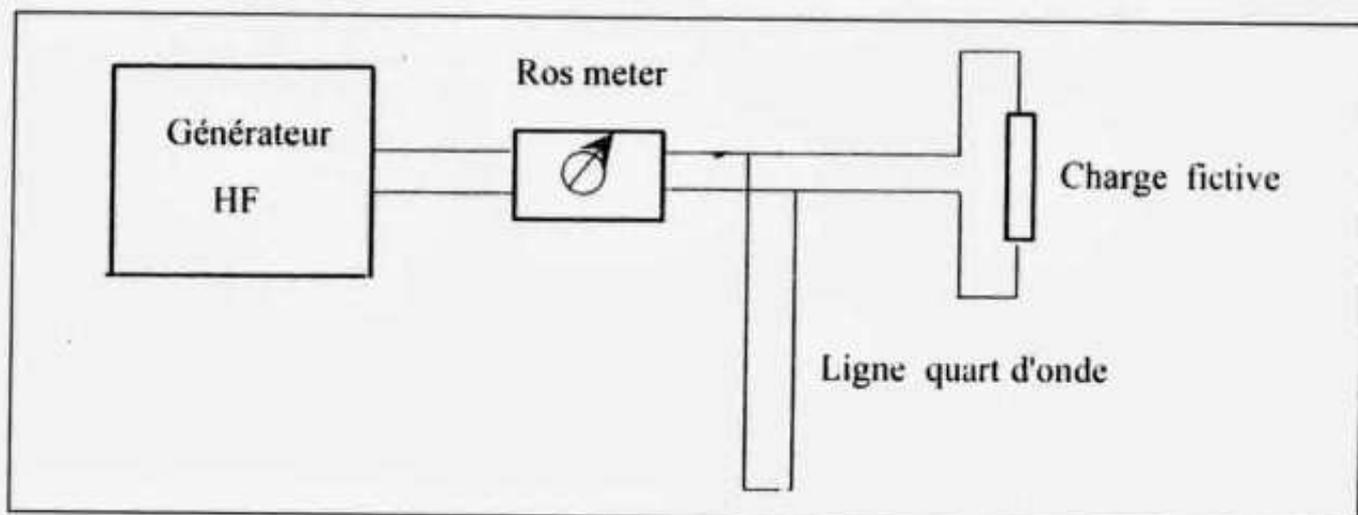


Figure 12: Détermination du facteur de vitesse

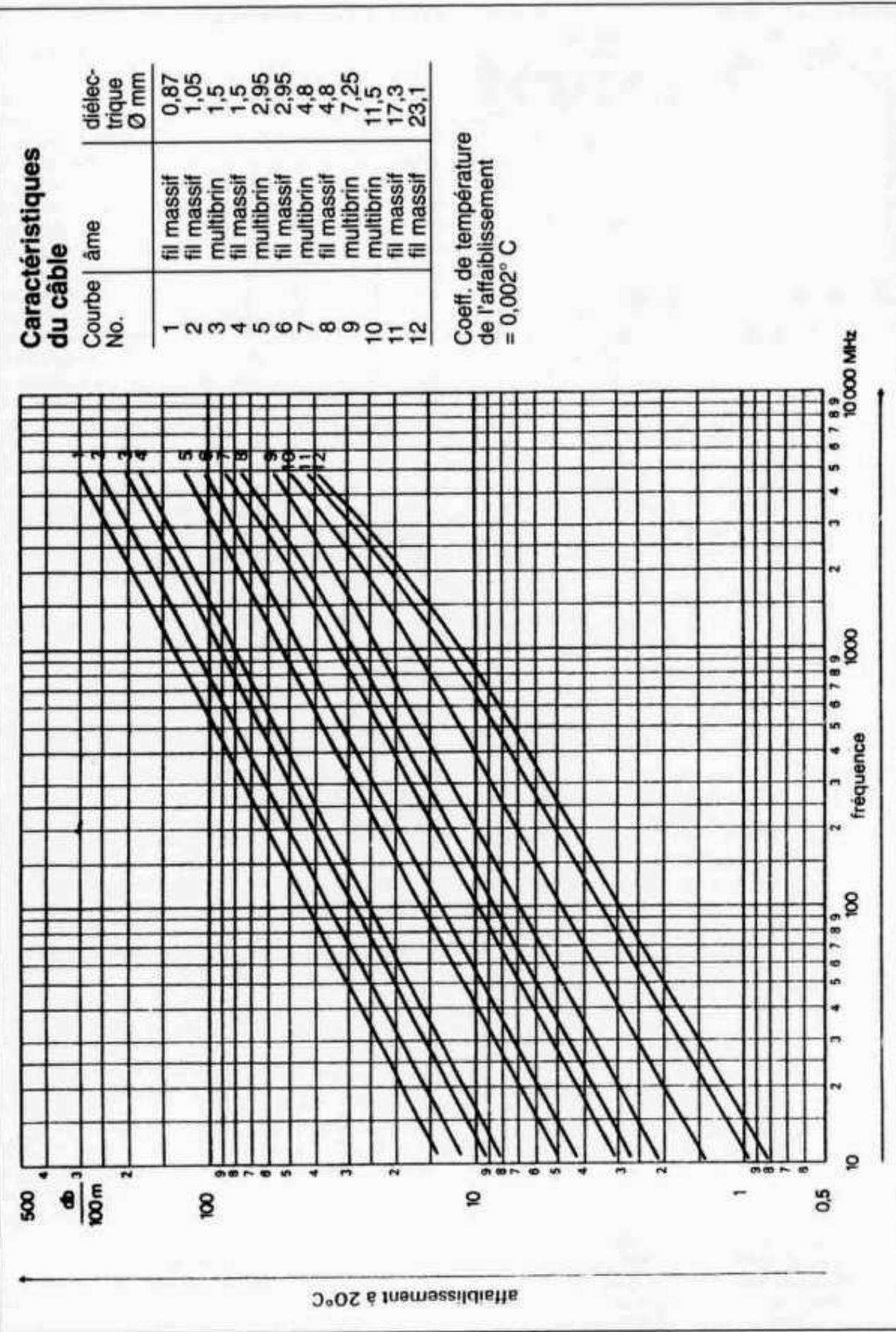
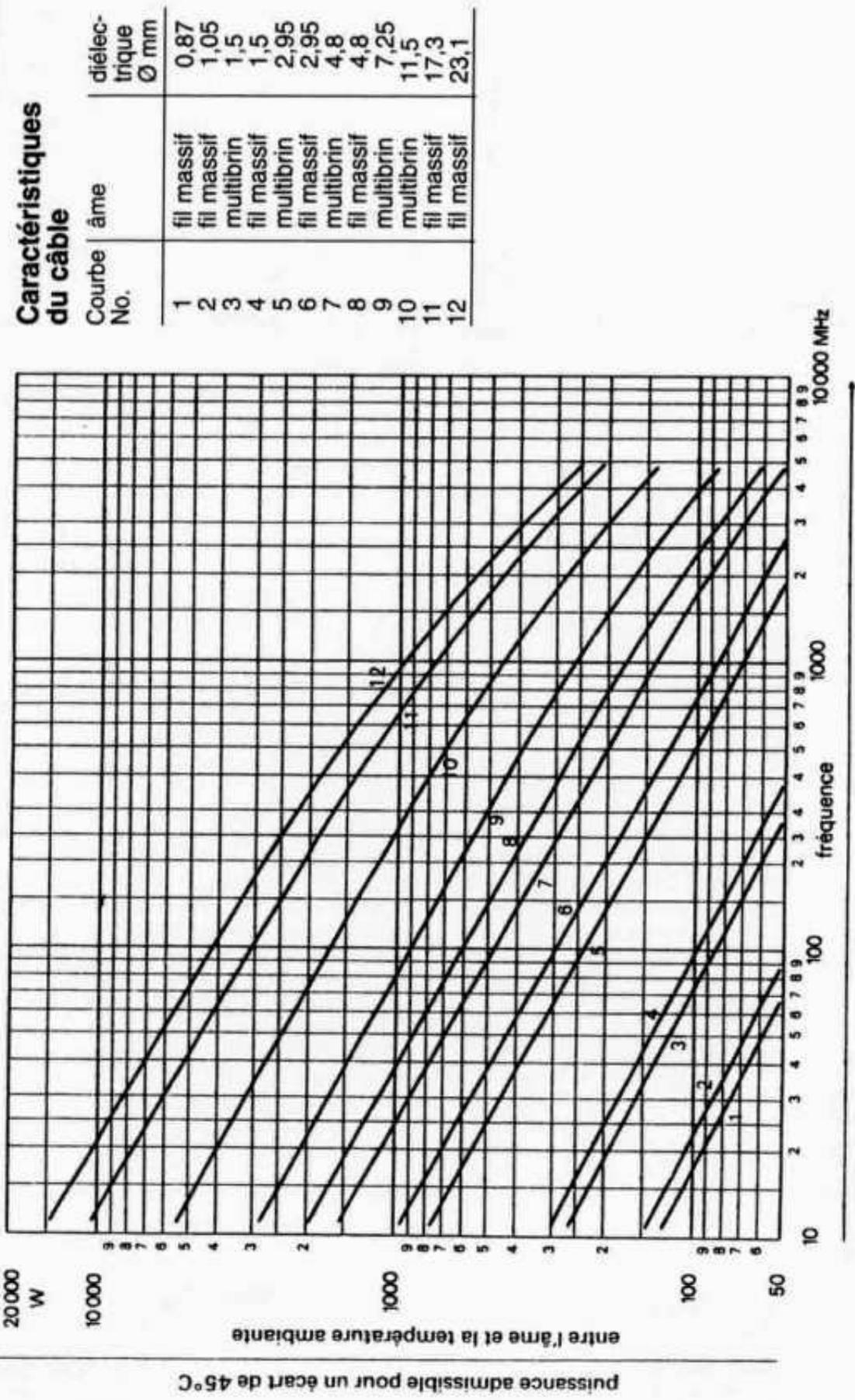


Figure 10: Affaiblissement d'un câble coaxial 50 Ω isolé polyéthylène (Suhner)



39 **Figure 11:** Puissance d'un câble coaxial 50 Ω isolé polyéthylène (Suhner)

tion du ROS mètre sera de 1. Le câble inconnu possède une certaine longueur qu'il serait dommage de raccourcir, on mesure cette longueur avec précision qui représenterait le quart d'onde théorique si l'on avait un facteur de vitesse de 1. On calcule la fréquence correspondante F. On court-circuite une extrémité du câble inconnu. On branche ensuite l'extrémité libre du câble inconnu en parallèle sur la charge fictive, il en résultera une augmentation du ROS. On diminuera la fréquence du transceiver pour obtenir à nouveau un ROS de 1 à la fréquence F1. Le facteur de vitesse est: $v = F1/F$.

Exemple 1:

Nous avons un câble de 7,5 mètres à mesurer. Nous avons:

Avec: $\lambda = Va / F$

$7,5 = \lambda / 4$ soit $\lambda = 30$ mètres soit $F = 10$ MHz

On retrouve un ROS de 1 pour $F1 = 6,7$ MHz nous avons:

$v = 6,7 / 10 = 0,67$

Exemple 2:

Nous avons récupéré un câble de 12,67 m. Nous avons:

$12,67 = \lambda / 4$ soit $\lambda = 50,68$ mètres soit $F = 5,919$ MHz

On retrouve un ROS de 1 pour $F1 = 4,5$ MHz

$v = 4,5 / 5,919 = 0,76$

4.2.2 Impédance caractéristique Zc

Remarque importante

Il est **absolument faux** de vouloir mesurer l'impédance caractéristique à l'aide d'un Ohmètre. On n'obtiendrait que la résistance ohmique de l'âme centrale + la gaine, ce qui n'est même pas l'opposition aux courants HF, puisque celle-ci est plus élevée (effet Kelvin). Il est de même complètement erroné de fermer la ligne sur une résistance R égale à la valeur présumée de Zc, et de mesurer la résistance ohmique du tout. La valeur obtenue serait la résistance ohmique de R + l'âme + la gaine.

Principe de la mesure (voir Fig. 13).

Nous exploitons une autre propriété de la ligne quart d'onde selon laquelle la ligne se comporte en transformateur d'impédance pour sa fréquence d'accord. Revoir à ce sujet la deuxième propriété de la ligne quart d'onde en 2.5.2. La ligne de l'exemple 1 précédent étant insérée cette fois en série, en n'oubliant pas d'enlever le court-circuit, la fréquence du transceiver étant réglée à 6,7 MHz (F1), nous lisons le ROS dans ces conditions. Si le ROS est de 1, cela signifie que l'impédance caractéristique du câble constituant la ligne quart d'onde est de 50 Ohms également. En effet, nous avons dans ces conditions:

$$Z_0 \text{ (ligne quart d'onde)} = \sqrt{50 \cdot 50} = \sqrt{2500} = 50 \text{ Ohms}$$

Si nous lisons un ROS de par exemple 2,5, nous avons $Z_1 = 2,5 \cdot Z_2 = 2,5 \cdot 50 = 125$ Ohms.

Nous avons $Z_c = Z_0 = \sqrt{6250} = 79,05$ Ohms d'impédance caractéristique du câble inconnu.

Rappel: $S = Z_2/Z_1$

On pourra comparer la valeur ainsi obtenue avec celle obtenue par calculs.

4.2.3 Atténuation du câble (db par 100 m)

Principe de la mesure (voir Fig. 14):

On alimente l'antenne fictive par l'intermédiaire du câble à tester dont on connaît maintenant l'impédance caractéristique, le tout étant parfaitement adapté. La fréquence sera ici un paramètre très important car l'atténuation variera avec elle. Les câbles modernes ayant une faible atténuation, il faudra faire la mesure avec une longueur suffisante afin d'obtenir une atténuation appréciable. Utilisez la plus haute fréquence possible compatible avec vos possibilités de mesure. On mesure la tension HF à la sortie de l'émetteur U1 ainsi que sur la charge fictive U2. L'atténuation sera:

Atténuation - (db) = $20 \cdot \log (U_1 / U_2)$

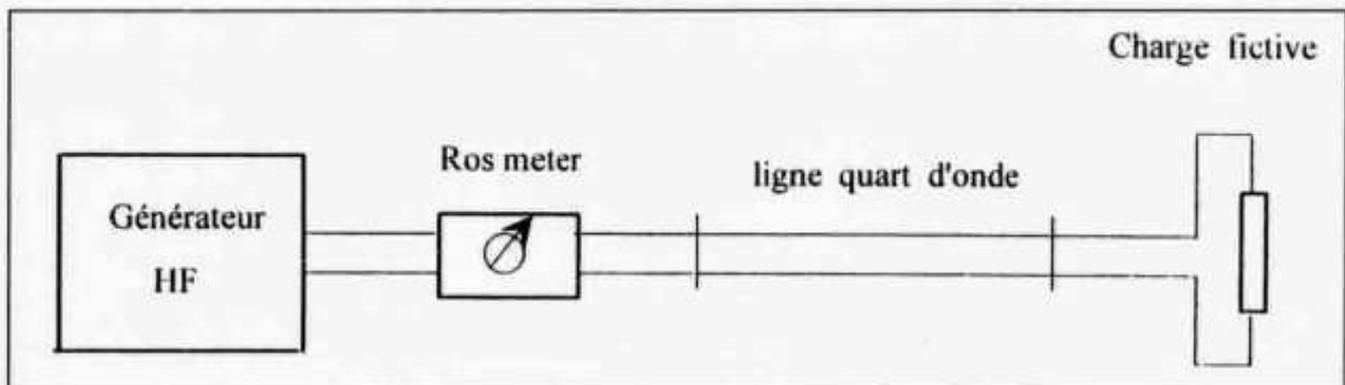


Figure 13: Détermination de l'impédance caractéristique

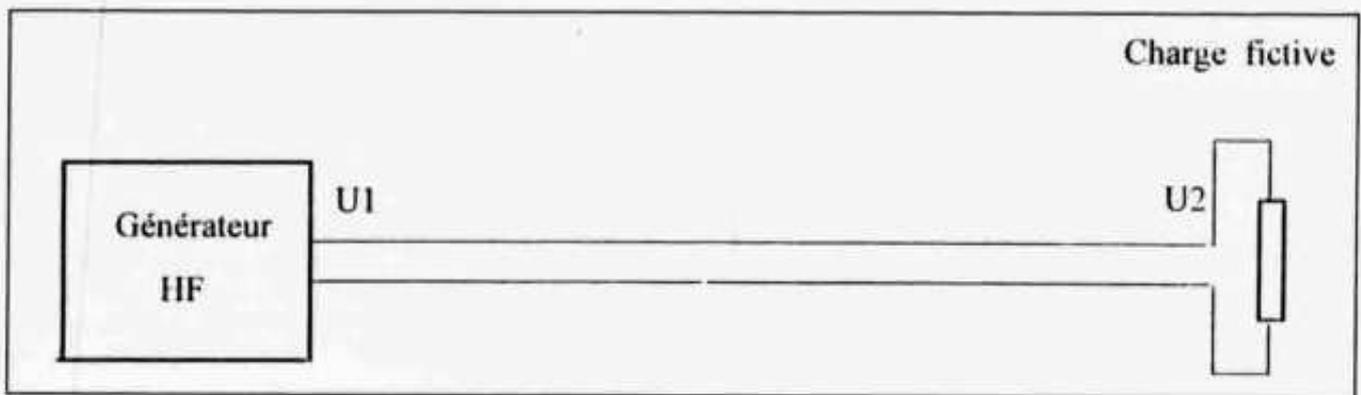


Figure 14: Détermination de l'atténuation

Compte tenu de la longueur du câble testé, on ramènera l'atténuation pour 100 mètres, et on pourra comparer ses performances avec les courbes Suhner.

Exemple: On obtient 0,5 db pour 20 mètres de câble. On aura 2,5 db pour 100 mètres.

4.3 Lignes symétriques apériodiques

On pourra utiliser les mêmes méthodes que celles décrites ci-dessus avec toutefois la difficulté de trouver ou de construire un ROS mètre bifilaire. Il faudra ensuite disposer d'une sortie symétrique du transceiver. De plus, ces lignes sont assez peu répandues car moins robustes qu'un câble coaxial. Elles peuvent exister sous la forme torsadée et gainée. Rappelons qu'un câble plat courant 220 volts n'est pas très éloigné d'une impédance de 75 Ohms, mais son isolation laisse peut-être à désirer

4.4 Lignes symétriques accordées ou à ondes stationnaires

Adieu cette fois impédance caractéristique, pertes aux 100 mètres etc. Le coefficient de vitesse pourra toujours être considéré comme étant de 0,95. Les pertes seront insignifiantes pour un écartement suffisant, et la mesure de la résonance d'une simplicité enfantine.

A) Ligne quart d'onde $\lambda/4$

Exemple: Soit à confectionner une ligne accordée la plus courte possible (sans éléments de correction) pour la bande 30 m soit 10,125 MHz.

$\lambda = 300.000/10.125 = 29,62$ mètres soit $\lambda/4 = 7,40$ mètres. Pour tenir compte de v , longueur de la ligne = $0,95 \cdot 7,40 = 7,03$ mètres.

Déroulons donc cette longueur de ligne à deux fils que l'on maintiendra espacés à l'aide de batonnets disposés à intervalle régulier.

Soutenons cette ligne afin qu'elle ne traîne pas sur le sol. Laissons une extrémité ouverte et soudons quelques spires de couplage à l'autre extrémité. Approchons le grid dip et apprécions avec quelle facilité on observe les résonances successives. Celles-ci correspondront à la fondamentale $\lambda/4$ et tous les multiples impairs de celle-ci. Nous aurons obligatoirement un ventre de courant au niveau du couplage, et un noeud à l'extrémité ouverte, donc une impédance basse à l'entrée.

B) Ligne demie onde $\lambda/2$

Ce ne sera plus la ligne accordée la plus courte possible pour la fréquence considérée. Nous aurons: $\lambda/2 = 14,81$ mètres longueur de ligne = $0,95 \cdot 14,81 = 14,06$ mètres. Cette fois, nous aurons un noeud d'intensité aux deux extrémités. Ces mesures sont très faciles à faire, les résonances obtenues sont très nettes et sans comparaison dans leur vigueur avec celles obtenues en extrémité d'un câble coaxial. Ceci prouve si besoin est, que le facteur de qualité Q est bien meilleur.

5. Les fibres optiques

La fibre optique, merveille des temps modernes, est constituée à partir d'une barre de quartz que l'on étire. Plusieurs opérations successives sont nécessaires pour l'obtention de la plus grande pureté possible du quartz. Au début, on utilisait du quartz naturel de roches, mais le quartz synthétique permet une pureté plus grande ainsi qu'une bonne reproductibilité. On obtient ainsi des barres de quartz de 3 cm de diamètre et de 1,5 m de longueur qui constituent le point de départ. Une telle barre est suffisante pour obtenir 25 km de fibre optique, performance à peine croyable!!! Des machines très compliquées étirent ces barres à très haute température et la fibre s'enroule à très grande vitesse sur des bobines. Bien sur, il y a de temps à autre du déchet et une bobine entière doit quelquefois

être mise au rebut. La qualité elle-même de la fibre est constamment sous contrôle et tous les locaux doivent être exempts de poussières.

Le principe de fonctionnement de la fibre est celui de la fontaine lumineuse selon lequel un faisceau lumineux reste prisonnier par réflexions multiples sur les parois du courant d'eau qui le contient. Les différences d'indices de réfraction expliquent ce phénomène.

On aura donc dans la fibre, un spectre de rayons lumineux compris entre 600 nm et 1550 nm. L'atténuation (en db par km!!) sera variable dans l'étendue de ce spectre. Elle sera par exemple de 0,33 db/km pour 1310 nm et de 0,19 db/km à 1550 nm.

Les dimensions de la fibre (voir Fig. 15) sont incroyablement réduites en regard de ses performances. Elle est capable d'acheminer simultanément 8000 conversations téléphoniques et un câble d'environ 15 mm de diamètre peut contenir plusieurs dizaines de fibres. Des lignes de plusieurs dizaines de kilomètres peuvent être réalisées d'un seul tenant, sans rallonge intermédiaire ni amplificateur. L'atout numéro 1 de la fibre réside toutefois dans son insensibilité aux perturbations électromagnétiques aussi appelée diaphonie qui était la bête noire des centraux téléphoniques conventionnels équipés de câbles coaxiaux. Qui n'a pas, un jour dans sa vie au cours d'une conversation téléphonique entendu une tierce personne participer à la discussion?

L'épissure de deux fibres optiques a été longtemps un problème difficile à résoudre car les deux petites surfaces doivent être absolument accolées.

6. Conclusions

Nous espérons avoir intéressé le lecteur dans ce domaine réputé complexe des lignes de transmission. Nous nous sommes efforcés de lui faire découvrir en douceur le début de ce sujet passionnant. Nous le répétons, ce n'est qu'une base de connaissances, mais qui permettra à l'amateur, du moins nous l'espérons, de résoudre déjà pas mal de problèmes pratiques. Nous lui recommandons vivement, sur sa lancée, d'aborder les ouvrages cités en bibliographie.

Pour les jeunes amateurs, nous espérons les avoir convaincus qu'il existe autre chose que le sacrosaint coaxial 50 Ohms, ceci à moindre frais et pour le plus grand bénéfice de la station.

Bibliographie

- [1] Théorie et pratique des circuits de l'électronique et des amplificateurs Tome 3 Jean Quinet Editeur Dunod
Remarque. Cet ouvrage remarquable de clarté n'est peut-être plus disponible.
- [2] Pratique des Antennes de Charles Guilbert F3LG Editions Radio 8ème édition
- [3] Les Antennes de Robert Piat F3XY et Brault Ingénieur ESE.
- [4] Physique vibratoire de G. Basseras
En allemand:
- [5] Antennenbuch, Karl Rothammel ex DM2ABK, Franckh-Verlag
En anglais:
- [6] The ARRL Handbook for Radio Amateurs

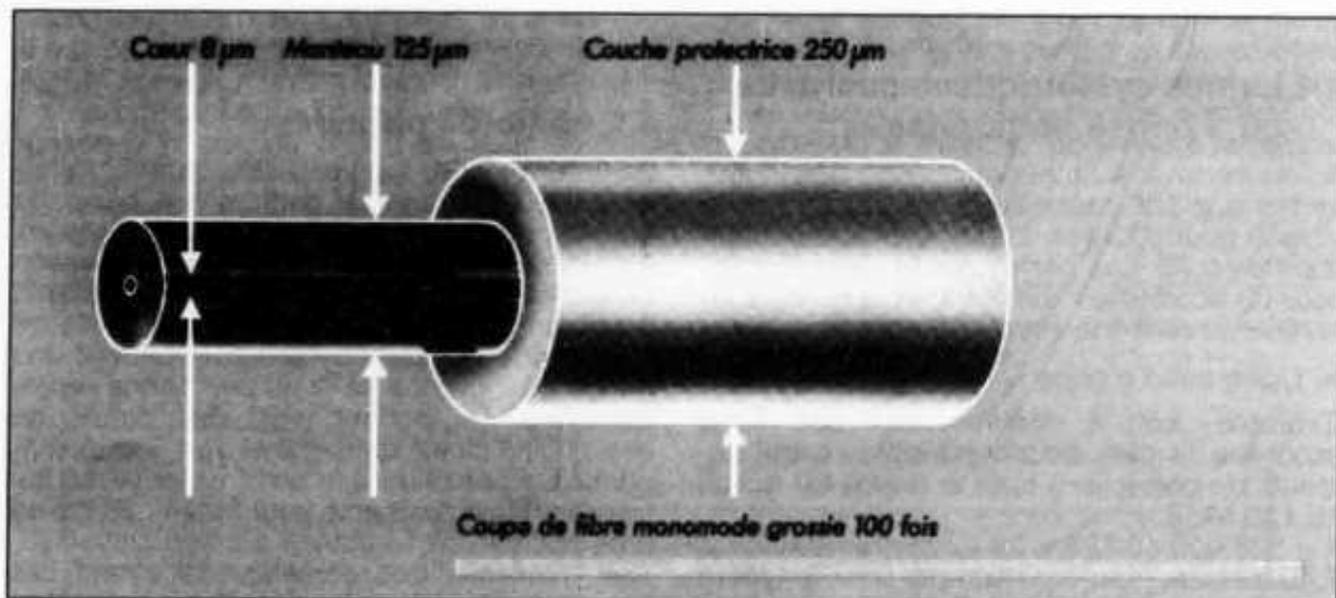


Figure 15: Une fibre monomode se compose d'un «cœur» de verre de 8 millièmes de millimètres de diamètre, qui guide les ondes lumineuses, et d'un «manteau» un peu plus épais, également en verre. Une couche de résine protège la fibre des agressions extérieures.