

Câble coaxial

Questions de longueurs...

L

es antennes, leur fonctionnement, leur réalisation, leur mesure, leur utilisation restent le sujet favori des radioamateurs. En cette époque de surconsommation de produits finis, il est réconfortant de constater que l'antenne est un des rares éléments que l'OM s'efforce de maîtriser.

Souhaitons, dans l'intérêt de la spécificité du radioamateurisme, que cela continue encore longtemps.

L'essentiel des connaissances nécessaires et utiles pour des applications typiquement radioamateurs est disponible dans les nombreux ouvrages et articles réalisés au cours de ces cinquante dernières années par des auteurs dont le sérieux ne peut être mis en doute, pour autant qu'ils aient été compris.

Toutefois, l'écoute de certains QSO confirme l'intérêt de rappeler sans longue démonstration quelques principes établis dont la connaissance ne pourra qu'être profitable aux nouveaux radioamateurs non spécialistes mais néanmoins curieux.

Le radioamateurisme, après la CB, est devenu un "marché". Essayons de conserver un minimum de jugement critique face aux informations de plus en plus abondantes qui se propagent de plus en plus vite mais qui sont souvent de moins en moins vérifiées.

Les rumeurs sur les câbles coaxiaux font partie de ces nombreux mythes sur les antennes qui renaissent régulièrement de leurs cendres...

Les informations fournies ci-dessous sous forme de questions-réponses sont condensées et se réfèrent à quelques notions déjà développées dans les articles publiés précédemment par l'auteur. Le lecteur intéressé pourra consulter utilement les articles ou ouvrages cités en annexe dans la bibliographie.

1. Qu'est-ce qu'une ligne de transmission ?

C'est le lien qui réunit l'émetteur à l'antenne, celle-ci étant de préférence située dans un endroit dégagé de tout obstacle. On lui demande essentiellement de transporter de la puissance HF avec un minimum de pertes et sans rayonner. Il faut correctement dissocier l'antenne rayonnante de son moyen d'alimentation. Beaucoup d'amateurs font l'erreur de confondre la ligne de transmission avec l'antenne.

2. Quelle est la meilleure ligne de transmission ?

C'est celle qui convient le mieux à l'installation envisagée et aux possibilités offertes. La ligne bifilaire isolée par air ("échelle à grenouilles") est celle qui procure le moins de pertes. De ce fait, elle permet d'obtenir une meilleure transmission d'énergie dans le cas de systèmes particulièrement désadaptés avec présence d'un fort ROS, comme par exemple les antennes multibandes de type dipôle non résonnant (Lévy, G5RV, center-fed ou autre désignation du même principe). La ligne coaxiale est la plus pratique, mais elle présente quelques inconvénients (pertes, comportement en présence de ROS). Insistons sur le fait que n'importe quel type de ligne de transmission peut être utilisé avec n'importe quelle antenne si les mesures nécessaires pour aboutir à un couplage des deux sont prises. La ligne peut être adaptée ou désadaptée. Ce dernier cas n'est absolument pas un problème si les éléments concernés (émetteur, ligne et antenne) peuvent supporter les modifications de tensions et d'intensités qui en résultent.

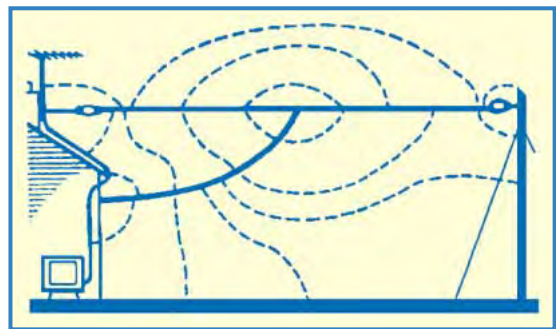
3. Qu'est-ce qu'un câble coaxial ?

C'est une ligne de transmission composée de deux conducteurs concen-

triques isolés l'un de l'autre, l'âme et la tresse. Le champ électromagnétique produit par le courant qui circule dans l'âme centrale est compensé en chaque endroit par le champ égal et opposé produit par le courant qui circule en sens opposé sur la surface intérieure de la tresse. A cause de "l'effet de peau", tendance des courants HF à circuler sur la surface d'un conducteur d'autant plus facilement que la fréquence est élevée, ce courant ne pénètre pas suffisamment loin dans la tresse pour apparaître sur la surface externe, celle-ci se comportant alors comme un blindage externe.

4. Pourquoi un câble coaxial rayonne-t-il parfois ?

Normalement cela ne devrait pas se produire. Si le câble coaxial rayonne, c'est qu'il se comporte comme une antenne, c'est-à-dire comme un fil conducteur parcouru par un courant. Ce courant, généralement appelé "courant de gaine", résulte principalement d'un défaut de symétrie dans l'installation. Le câble coaxial est soumis au rayonnement de l'antenne de manière non équilibrée et un courant électrique circule sur la partie externe de la tresse. La situation est alors équivalente à celle d'un câble coaxial le long duquel serait disposé à l'extérieur un "troisième fil d'antenne". Celui-ci est totalement indépendant du fonctionnement normal de la ligne de transmission, quel que soit le type de celle-ci, qu'elle soit adaptée ou non et qu'elle soit le siège d'ondes stationnaires de forte amplitude ou non.

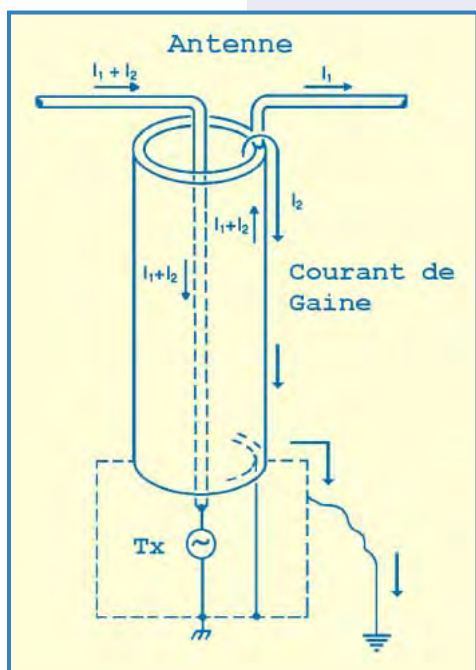


5. Quelles sont les conséquences de la présence d'un courant de gaine sur un câble coaxial ?

- Il peut permettre la réalisation de QSO dans des directions imprévues.
- Il détériore le lobe de rayonnement de l'antenne en ajoutant un élément à celle-ci.
- Il fausse toute mesure de ROS résultant de l'antenne principale.
- Il va à l'encontre de l'éloignement de l'antenne des appareils susceptibles d'être perturbés ou générateurs de perturbations (Ce sont quelquefois les mêmes...).
- Il laisse supposer la possibilité de réception de signaux par "l'antenne" constituée par le câble coaxial et dont une bonne partie sont indésirables (bruit et parasites locaux).

6. Le courant de gaine crée-t-il du TVI, BCI, et autres perturbations ?

Pas plus qu'une antenne filaire qui remplacerait le câble coaxial et serait parcouru par un courant identique. Le seul risque est lié au rayonnement de HF à proximité des appareils en question. Si le champ radioélectrique ainsi créé reste faible et... si les appareils sont récents et conformes aux normes actuelles, la probabilité de perturbations reste

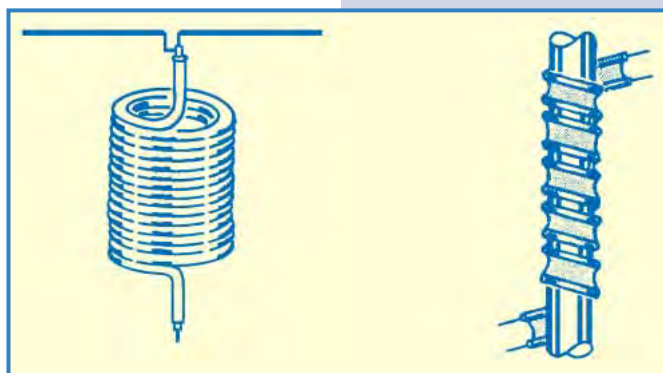


faible. Toutefois, la cohabitation avec divers câbles dans des gaines techniques, ou le passage à proximité de préamplificateurs TV/FM large bande en boîtier plastique peut être source de problèmes.

7. Comment s'opposer au courant de gaine ?

On peut le diminuer fortement, dans le cas d'antennes symétriques alimentées en leur centre et disposées en espace relativement libre sans influence notable de masses avoisinantes ou d'un sol irrégulier, si le câble coaxial s'éloigne perpendiculairement à l'antenne sur une distance d'au moins $1/2 \lambda$. Plus généralement, la méthode consiste à éviter de soumettre la ligne de transmission au champ de l'antenne en la disposant dans les creux du lobe de rayonnement.

On peut s'efforcer d'éviter que le circuit constitué par le "troisième fil" et les divers fils de connexion à la terre ou au secteur ne soit résonnant à la fréquence de travail, ce qui peut être assez difficile dans le cas d'une antenne multibandes. La méthode la plus pratique pour "désaccorder" une ligne consiste à "choquer" celle-ci (effet produit par une self de choc) pour s'opposer au passage du courant indésirable. Les solutions les plus répandues pour obtenir un fonctionnement relativement large bande en HF sont l'enroulement sur quelques spires du câble coaxial au niveau de sa jonction avec l'antenne (peu efficace en dessous de 14 MHz) et l'empilage sur le câble coaxial, au point d'alimentation de l'antenne, de tores à haute perméabilité (balun en courant de Walter MAXWELL, W2DU).



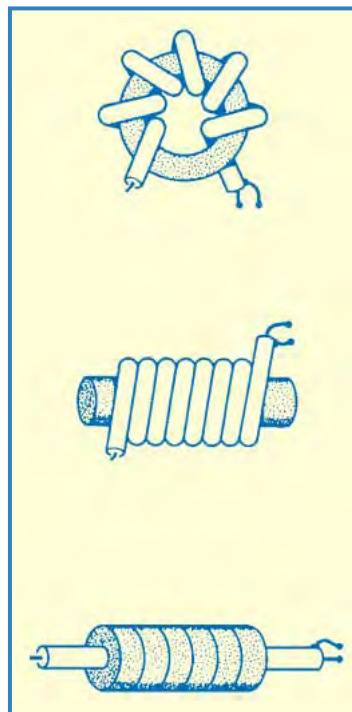
8. Qu'est-ce qu'un balun fonctionnant en tension ?

C'est le classique balun utilisé pour alimenter les dipôles. Si les deux moitiés de l'antenne sont parfaitement égales et équilibrées par rapport au sol, les courants circulant dans le balun sont égaux et de sens opposés et aucun courant de gaine n'apparaît sur le coaxial. Dans ces conditions, le balun en tension (de bonne qualité...) permet d'obtenir le même résul-

tat qu'un balun fonctionnant en courant. Mais il est difficile de réaliser une installation parfaitement symétrique ainsi qu'un balun en tension large bande performant, surtout sur les bandes basses HF.

9. Doit-on utiliser un balun de rapport 1/1 ou de rapport 1/4 ?

Cette désignation est souvent source de confusion. Le balun n'a pas la fonction première d'être un adaptateur d'impédances. Il est utilisé pour effectuer une conversion symétrique / asymétrique correcte en équilibrant les tensions et ceci peut éventuellement entraîner une transformation des impédances selon le principe retenu. La plupart des antennes résonnantes et à alimentation symétrique présentent une impédance basse, ne dépassant généralement pas $300 \pm j0 \Omega$, et certaines sont voisines de $50 / 75 \Omega$. Les baluns en question conviennent parfaitement pour cet usage. Mais il s'agit bien d'alimenter des antennes résonnantes, c'est-à-dire qui ne possèdent pas de réactif dans l'impédance présente à leur point d'alimentation. Un balun classique basse impédance, fonctionnant en tension, ne doit normalement pas être utilisé pour transformer une impédance de valeur inconnue (très basse ou très élevée) et qui contient presque certainement un terme réactif non négligeable. Cette mauvaise utilisation, pourtant très répandue, est source de problèmes souvent insoupçonnés (pertes excessives, saturation des ferrites et émission de produits indésirables). Notons aussi que le rapport de transformation du balun en tension est rarement constant sur une large plage de fréquences.



10. Pourquoi trouve-t-on parfois des consignes de longueurs de câble à respecter ?

Par le passé, certains radioamateurs conseillaient d'éviter d'utiliser une longueur de coaxial multiple de $1/2 \lambda$ mais au contraire de se rapprocher d'un multiple impair de $1/4 \lambda$ afin de faire "fonctionner correctement" l'antenne. C'était éventuellement méconnaître une partie du fonctionnement des lignes de transmission et des antennes, ou tout du moins le décrire de manière inadéquate, avec le risque que l'information soit mal réutilisée. Une ligne de transmission ne fait pas "fonctionner" une antenne. Cette dernière a des caractéristiques propres indépendantes de la ligne qui l'alimente, même imparfaitement. Deux explications peuvent motiver cette recommandation.

La première laisse supposer que l'impédance présente au point d'alimentation de l'antenne n'est pas égale à $50 \pm j0 \Omega$ et dans ce cas le câble coaxial 50Ω est désadapté avec présence de ROS. Une intervention sur la longueur de la ligne peut entraîner une variation (souhaitée dans le sens de la diminution...) du ROS mesuré. Malheureusement, il s'agit du

ROS mesuré et non du ROS réel, à cause des faiblesses du TOS-mètre (directivité).

La deuxième résulte d'une volonté légitime de "désaccorder" la ligne à titre préventif pour éviter l'apparition d'un courant de gaine en présentant à celui-ci une haute impédance obtenue par des longueurs multiples impaires de $1/4 \lambda$. C'est malheureusement sans compter avec les modifications de résonances induites par des éléments extérieurs et des chemins insoupçonnés vers la terre (châssis de l'émetteur, câbles d'alimentation, connexions diverses,...) et cela n'est pratiquement applicable qu'à des antennes monobandes.

Remarquons aussi qu'une erreur est courante chez les adeptes de "longueurs spécifiques" : celle de tenir compte du coefficient de vitesse du câble coaxial dans le calcul de la longueur à utiliser. En effet, il s'agit de "désaccorder" la ligne en tant qu'antenne et ce rôle est joué par l'extérieur de la tresse, c'est-à-dire par ce "troisième fil" indépendant de la ligne de transmission réelle. Le seul coefficient de vitesse à éventuellement prendre en compte est celui d'un fil unique isolé (environ 0,95) mais sûrement pas le classique 0,66 des câbles coaxiaux.

11. Quelle est la bonne longueur de câble coaxial à utiliser ?

C'est celle qui correspond à la plus petite distance possible pour aller correctement de l'émetteur à l'antenne ! Cela permet de réduire d'autant l'atténuation apportée par la ligne. Il n'y a aucun avantage à utiliser une longueur de câble plus importante que celle qui est physiquement nécessaire pour réaliser une installation correcte. Ceci dans le cas d'une ligne adaptée ou presque. Par contre, dans le cas d'une ligne désadaptée - ce qui est normalement réservé aux lignes ouvertes à très faibles pertes plutôt qu'aux câbles coaxiaux - agir sur la longueur de la ligne permet de modifier l'impédance présente à l'extrémité non chargée de celle-ci et de pallier les déficiences d'un système d'accord en fournissant à celui-ci une impédance qu'il est capable de traiter. La variation de longueur n'a pas à dépasser une longueur électrique de $1/4 \lambda$ (longueur tenant compte cette fois du coefficient de vitesse). Le pire consiste à rechercher une amélioration du ROS en augmentant la longueur du câble coaxial. Pour les adeptes de cette méthode, il existe une solution moins encombrante qui consiste à remplacer la longueur excédentaire par un atténuateur de puissance d'au moins 10 dB (le plus est le mieux). Le ROS mesuré à la sortie de l'émetteur baissera, ce dernier sera satisfait (le "ros-phobe" aussi...) et délivrera sa puissance maximum. Le peu de HF parvenant à l'antenne permettra sûrement de faire quelques liaisons... en QRP. Certaines antennes multibandes "à faible TOS garanti" fonctionnent selon ce principe !

12. Pourquoi fait-on varier le ROS en modifiant la longueur du coaxial ?

C'est une croyance répandue, mais en partie fautive. Dans une installation correcte, la ligne ne rayonne pas. Seule une légère diminution du ROS - mesuré avec un TOS-mètre de très bonne qualité - se produit lorsque l'on s'éloigne de la charge pour se rapprocher de l'émetteur et elle résulte simplement de l'atténuation apportée par la ligne.

Par contre, si le câble coaxial est le siège de courant de gaine, "l'antenne filaire supplémentaire" ainsi créée, connectée entre le point d'alimentation de l'antenne principale et la masse (par l'émetteur), intervient dans l'impédance présente au point d'alimentation. Toute modification de la longueur du câble coaxial modifie la valeur de l'impédance de la charge connectée à la ligne et entraîne une variation du ROS.

La mesure du ROS dans une ligne et l'interprétation des résultats obtenus nécessitent un certain nombre de précautions et de la prudence. Beaucoup d'erreurs et de courbes fantaisistes résultent de la confusion effectuée entre la valeur de ROS indiquée par un TOS-mètre et la valeur réelle dans la ligne sous certaines conditions. Attribuer ces valeurs au comportement de l'antenne sans discernement ne peut que déboucher sur des conclusions erronées.

13. Conclusion ?

Une bonne antenne de radioamateur se juge par la facilité avec laquelle les liaisons s'enchaînent, en utilisant une puissance raisonnable. Un bon système d'antenne se réalise en faisant la chasse aux pertes (bis...).

Un bon câble coaxial est un câble si cher qu'il est sans aucun doute à faibles pertes et que son utilisation est soumise à des restrictions draconiennes !

Francis FERON, F6AWN
c/o "Cercle Samuel Morse"
BP 20
F-14480 CREULLY
e-mail : samuel.morse@mail.cpod.fr

Bibliographie

Livres :

- The ARRL Antenna Book, 16th ed.
- HF Antennas for all locations, 2ed., Les Moxon, G6XN, RSGB

Articles :

- "Some Aspects of the Balun Problem", Walter Maxwell, W2DU/W8KHK, QST, Mars 1983
- "Another Look at Reflections", Walter Maxwell, W2DU/W8KHK, QST, Avril 1973 et suite
- "De l'émetteur à l'antenne ...", Maurice Limes, F6ELM, Radio-REF, Janvier 1984
- "Balanced to Unbalanced Transformers", Ian White, G3SEK, Radio Communication, Décembre 1989
- "Réfléchissons ... plusieurs fois !", Francis FERON, F6AWN, Mégahertz Magazine, Octobre 1998
- "Le TOS-mètre, Précisions et Imprécisions", Francis FERON, F6AWN, Mégahertz Magazine, Novembre 1998
- "Le TOS-mètre, Comment le Tester", Francis FERON, F6AWN, Mégahertz Magazine, Décembre 1998

VOYAGEZ AU-DESSUS DE NOTRE PLANÈTE !

CD-ROM PHOTOSPACE



Plus de 300 images satellite, révélées pour la première fois sous leurs vraies couleurs naturelles

ZOOMS GÉOGRAPHIQUES

50 X 70 cm

DESIGNATION	RÉF*	NI
MASSIF ALPIN	MAL	NIVERNAIS/BOURGES
OUEST DE LA FRANCE	OF	TULLE/BRIVE/LIMOGES
LONDRES	MA	ANNECY/MONT BLANC
LE HAVRE (60 X 75 cm)	LH	BRESSE/MACONNAIS
BAIE DE SEINE	BN	GRENOBLE/CHAMBERY
COTENTIN	CT	JURA/GENÈVE
BAIE DU MONT ST MICHEL	MM	LYON/ST ETIENNE
GRANT ROSE/GOLEO	GG	LYON RHONE ET SAONE
FINISTÈRE NORD	FN	CORBIÈRE MONT. NOIR
FINISTÈRE SUD	FS	MONTP./NIMES/BEZIERS
QUIBERON/MORBIHAN	QG	NICE/ALPES MARITIMES
LA BAULE/ILE D'YEU	LB	NIMES/ALES/LOZERE
ILES DE RE/D'OLERON	IR	PYRÉNÉES ORIENTALES
BORDEAUX/GIRONDE	BG	RODEZ/MILLAU
LES LANDES/ARCACHON	LD	BOCAGE NORMAND/VIRE
PAYS BASCOLE	PB	BOCAGE VENDEEN
AIX/MARSEILLE	AM	DU MANS À LAVAL
TOULON ET SA RÉGION	TR	ST BRIEUC/VANNES
MULHOUSE/BAL D'ALSACE	MB	ANGERS/LOIRE EN ANJOU
STRASBOURG/BAL RHIN	ST	BASSIN DE RENNES/
MASSIF CENTRAL (68 X 92 cm)	MC	BAIE DU MONT ST MICHEL
BOURBONNAIS	BB	
CLERMONT-FD/SANCY	CF	
CANTAL MARGERIDE	CG	
GUERRET /BERRY	GU	

LES POSTERS...



FRANCE
70 X 85 cm

Réf : PO-F

RÉGIONS ET DÉPARTEMENTS

DESIGNATION	RÉF*	LANGUEDOC-ROUS.	LR
ALSACE	AL	MIDI-PYRÉNÉES	MP
AQUITAINE	AQ	NORD-PAS DE CALAIS	NP
AUVERGNE	AU	PACA	PA
BASSE NORMANDIE	BN	POITOU-CHARENTES	PC
BRETAGNE	BR	PICARDIE	PI
CHAMPAGNE-ARD.	CA	PAYS DE LOIRE (60X68 cm)	PL
CENTRE	CE	RHÔNE-ALPES (60X65 cm)	RA
CORSE	CO	AISNE	02
FRANCHE COMTE	FC	ARDENNES	08
HAUTE NORMANDIE	HN	MARNE	51
ILE-DE-FRANCE	IF	BAS-RHIN	67
LIMOUSIN	LI	HAUT-RHIN	68
LORRAINE	LO		

129F
+ PORT 39F

60 X 80 cm
sauf mention particulière
* merci d'indiquer la mention PO avant la référence de votre poster.

Utiliser le bon de commande MEGAHERTZ