

Ligne de transmission

Fréquence d'utilisation

Impédance d'antenne

Adaptation des lignes de transmission en transmission du signal

Le câble coaxial ou ligne coaxiale

Les caractéristiques

Les pertes

Caractéristiques des principales références de câbles coaxiaux

La ligne bifilaire

Types d'antennes et impédance.

Une ligne de transmission est un ensemble de deux conducteurs acheminant de concert un signal électrique, d'une source (ou émetteur) vers une charge (ou récepteur)¹.

La charge étant connectée à l'extrémité de la ligne, la ligne permet de retrouver, sur son entrée, à son autre extrémité, la même résistance que la charge, cela quelle que soit la longueur de la ligne. C'est la condition idéale de fonctionnement, qui est réalisée si la résistance de la charge est égale à l'impédance caractéristique de la ligne.

Les lignes de transmission les plus courantes sont : **les câbles coaxiaux,**
Les lignes bifilaires.

Une ligne de transmission est caractérisée par son impédance caractéristique, sa constante d'affaiblissement (qui précise les pertes dans la ligne), et la vitesse de propagation des signaux, qui dépend du diélectrique utilisé pour fabriquer la ligne.

Fréquence d'utilisation

Une antenne s'utilise en général avec des signaux autour d'une fréquence donnée pour laquelle l'antenne possède des capacités optimales pour émettre ou recevoir l'énergie électromagnétique correspondante dans l'espace environnant. La fréquence de résonance d'une antenne dépend d'abord de ses dimensions propres, mais aussi des éléments qui lui sont ajoutés : on peut la mesurer approximativement avec un dipmètre. Par rapport à la fréquence de résonance centrale de l'antenne, un affaiblissement de 3 dB détermine les fréquences minimum et maximum d'utilisation ; la différence entre ces deux fréquences correspond à la bande passante.

Par exemple, une antenne classique est l'antenne dipôle demi-onde, qui résonne à la fréquence pour laquelle sa longueur est d'une demi longueur d'onde avec une largeur de bande d'environ 1 % si elle est très mince. En pratique, et pour les fréquences élevées, le diamètre du conducteur n'est plus négligeable par rapport à la longueur d'onde, ce qui augmente considérablement sa bande passante.

En règle générale:

- la bande passante d'une antenne diminue si l'antenne devient petite par rapport à la demi-onde : il n'existe pas d'antennes large bande et compactes. Du moins avec des pertes raisonnables.

- la bande passante d'une antenne filaire augmente si le diamètre du conducteur augmente.

Certaines antennes dites « multibandes » peuvent fonctionner correctement sur des segments discontinus de bande de fréquences sans dispositif particulier. D'autres nécessitent l'emploi d'un circuit adaptateur d'impédance pour fonctionner correctement.

Impédance d'antenne

L'impédance d'antenne est la généralisation de la notion d'impédance utilisée pour les autres composants passifs (résistances, condensateurs, selfs...) aux antennes. Il s'agit donc du rapport complexe observé entre la tension et le courant à l'entrée d'une antenne en émission. L'utilité de cette notion est importante pour assurer les meilleurs transferts d'énergie entre les antennes et les dispositifs qui y sont connectés grâce aux techniques d'adaptation.

Très souvent, les constructeurs des antennes cherchent à obtenir une résistance pure $R = 50$ Ohms, et $X = 0$ afin de pouvoir alimenter cette antenne par une ligne 50 Ohms (plus rarement 300 ou 600 Ohms) mais toujours 75 Ohms pour les antennes de la TNT .

En effet, idéalement, l'antenne doit présenter à sa ligne d'alimentation une résistance pure égale à l'"impédance caractéristique" de cette ligne.

La ligne d'alimentation fonctionnera alors "en onde progressive". Cette condition est pratiquement toujours recherchée aux fréquences au-delà de 30 MHz, car elle optimise le transfert d'énergie et surtout assure la transmission d'un signal fidèle en n'imposant pas de conditions sur la longueur de cette ligne.

La mesure du rapport d'onde stationnaire permet de s'assurer que la ligne fonctionne en onde progressives.

Cependant, pour les fréquences basses, il est parfois impossible d'obtenir une impédance résistive de 50 Ohms. On doit alors intercaler entre l'antenne et la ligne d'alimentation un transformateur d'impédance qui aura pour but de transformer l'impédance complexe de l'antenne en une résistance pure, généralement de 50 Ohms.

C'est un "dispositif d'adaptation" ou adaptateur d'antenne. Le dispositif d'adaptation est parfois constitué par la ligne elle-même. La longueur de la ligne devient alors critique, et le rapport d'onde stationnaire est élevé.

Adaptation des lignes de transmission en transmission du signal

Le problème général consiste à transmettre un signal depuis une source jusqu'à une charge (ou récepteur) distante de cette source. Le problème est résolu par l'utilisation d'une ligne de transmission entre cette charge et cette source. La source et la charge présentent en général une résistance interne R (généralement $R = 50$ ohms pour les signaux RF, et $R = 600$ ohms pour les signaux audio...).

Le principe fondamental est le suivant : En connectant sur la charge de résistance R , une ligne de transmission d'impédance caractéristique R , on retrouvera à l'autre extrémité de la ligne la même résistance R . Autrement dit, la source et la charge de résistance R seront « adaptées » si

la ligne qui les relie possède une impédance caractéristique de même valeur. L'adaptation sera conservée quelle que soit la longueur de la ligne.

Par contre, si la charge présente une résistance différente de l'impédance caractéristique de la ligne, on aura des phénomènes d'ondes stationnaires. On observera alors les phénomènes suivants :

- Les tensions et courants ne sont plus constants le long de la ligne : on a des « ondes stationnaires », ce qui induit plus de pertes dans la ligne.
- Une partie de l'énergie n'est plus absorbée par la charge : on a une perte de la puissance transmise à la charge.
- Si la longueur de la ligne n'est pas très petite par rapport à la longueur d'onde, la source ne verra plus une résistance fixe R , mais une impédance dépendant de la fréquence et de la longueur de la ligne. La courbe de réponse en fréquence de la ligne sera alors perturbée, ce qui peut être grave en téléphonie ou en transmission de données.

On peut quantifier ces perturbations par le rapport d'onde stationnaire (ROS, ou SWR/VSWR pour *Voltage Standing Wave Ratio*) :

$$\text{ROS} = \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{V_i + V_r}{V_i - V_r}$$

V_i l'amplitude de l'onde incidente
 V_r l'amplitude de l'onde réfléchie

On trouve aussi d'autres indicateurs : le Taux d'Onde Stationnaire

$$\text{TOS} = 100 * \frac{V_r}{V_i}$$

La mesure du ROS indique la désadaptation entre charge et ligne, et la perte de puissance associée.

À titre de données pratiques : Si une ligne d'impédance caractéristique 50 ohms est chargée par 100 ohms ou par 25 ohms, le ROS sera égal à 2, et le taux d'énergie réfléchi par la charge sera de 11 %.

Si la même ligne est chargée par 150 ohms ou par 16,6 ohms, le ROS sera de 3 et le taux d'énergie réfléchi par la charge sera de 25 %.

L'abaque de Smith permet de trouver l'impédance à l'extrémité d'une ligne de longueur donnée, chargée à l'autre extrémité par une impédance quelconque donnée.

Il est toutefois à remarquer que si la ligne qui alimente la charge dispose d'un dispositif d'adaptation d'impédance entre la source et l'entrée de la ligne, l'énergie réfléchi par la charge désadaptée est renvoyée en phase avec l'énergie incidente et n'est donc pas perdue, aux pertes en ligne près.

Il finit par s'installer un régime d'ondes stationnaires tel que la ligne transporte une énergie incidente supérieure à l'énergie débitée par la source mais compensée par l'énergie réfléchi par la charge.

Au total la charge utilise bien toute l'énergie de la source mais pas plus. Ceci implique que le dispositif de couplage au début de la ligne ne modifie pas le ROS en ligne ni à la charge.

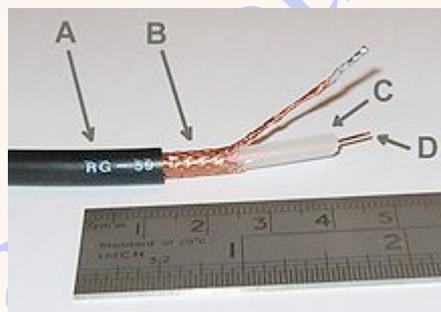
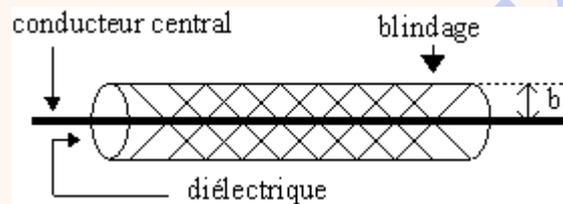
En cas de pertes en ligne, en parcourant celle-ci de la charge vers la source, le ROS s'améliore et si la ligne est très longue il peut même arriver à 1:1. Dans l'abaque de Smith, le parcours se visualise par une spirale qui tend vers le centre. En absence de pertes la spirale devient un cercle centré.

Le câble coaxial ou ligne coaxiale

C'est une ligne de transmission ou liaison asymétrique, utilisée en hautes fréquences, composée d'un câble à deux conducteurs.

L'âme centrale, qui peut être mono-brin ou multi-brins (en cuivre ou en cuivre argenté, voire en acier cuivré), est entourée d'un matériau diélectrique (isolant).

Le diélectrique est entouré d'une tresse conductrice (ou feuille d'aluminium enroulée), puis d'une gaine isolante et protectrice. Sa forme particulière permet de ne produire (et de ne capter) aucun flux net extérieur.



- A: Gaine extérieure en plastique
- B: Blindage en cuivre
- C: Diélectrique
- D: Conducteur central (âme) en cuivre

Le câble coaxial est progressivement remplacé depuis la fin du XX^e siècle par la fibre optique sur les longues distances (supérieures à quelques kilomètres).

L'avantage d'un câble coaxial sur une ligne bifilaire (constituée de deux conducteurs parallèles séparés par un diélectrique) est qu'il y a création d'un écran (cage de Faraday) qui protège le signal des perturbations électromagnétiques et qui évite que les conducteurs ne produisent eux-mêmes des perturbations.

Un câble coaxial peut être placé le long des murs, gouttières ou enfoui car la présence d'objets n'influence pas la propagation du signal dans la ligne.

Les pertes sont constantes au fil du temps, les particules de poussière se déposant sur le support isolant n'ayant pas d'influence sur la propagation du signal.

Il est parfois nécessaire de placer, entre la sortie de l'antenne (symétrique) et la ligne coaxiale (asymétrique) un balun (BALanced/UNbalanced, convertisseur symétrique/asymétrique) pour optimiser le transfert de l'énergie entre l'antenne et le câble (en réception comme en émission).

Il est préférable de ne pas utiliser de câble endommagé car ses caractéristiques et ses propriétés sont alors dégradées et les ondes pourraient perturber la réception de votre voisin. La connexion à un câble coaxial doit être réalisée par l'utilisation de connecteurs coaxiaux adaptés au câble et montés en respectant les indications fournies pour conserver à l'ensemble les caractéristiques souhaitées en termes de qualité de transmission.

Les caractéristiques

Caractéristiques mécaniques du câble coaxial :

- la nature du conducteur et ses dimensions ;
- les diamètres intérieur de la gaine et extérieur du conducteur central (celui-ci est parfois creux) ;
- la nature du diélectrique.

Caractéristiques électriques du câble coaxial :

(Elles sont données par les constructeurs).

- son impédance caractéristique Z_c , standardisée à 75 ohms pour la TV (SAT & TNT), la radio FM, la vidéo ou l'audio,

et à 50 ohms pour l'instrumentation ou la connexion d'antennes Wi-Fi, les hyperfréquences et les anciens réseaux ethernet, de même que les installations d'émission en général ;
- sa constante d'affaiblissement α à une fréquence donnée, qui traduit les pertes dans la ligne.

Les pertes

Il faut rappeler que les courants haute fréquence circulent dans une pellicule proche de la surface des conducteurs.

L'épaisseur de cette pellicule diminue quand la fréquence augmente.

La résistance d'un conducteur augmente comme la racine carrée de la fréquence ; c'est ce qu'on appelle l'effet pelliculaire.

Les pertes produisent une diminution de l'amplitude du signal en fin de ligne ; cela se manifeste par exemple par une diminution de la puissance RF rayonnée dans le cas d'un émetteur.

Voici quelques règles:

- Plus le diamètre du conducteur est petit, plus grand sera sa résistance, et donc plus il y aura de pertes.
- Plus la fréquence augmente, plus il y aura de pertes.
- Plus on augmente la longueur du câble, plus il y aura de pertes.
- 19 V_{atc} = perte de 19 dB/100 mètres à une fréquence de référence de 800 MHz.(790 précis.)
- 17 V_{atc} = perte de 17 dB/100 mètres à une fréquence de référence de 800 MHz.

En outre, il existe un rapport optimum du diamètre de l'âme sur celui du blindage. Celui-ci correspond à une impédance caractéristique de 75Ω , ce qui explique que cette valeur soit employée pour les câbles de réception qui doivent minimiser les pertes, toutes choses étant égales par ailleurs.

Pour le transport de puissance, on aurait tendance à penser que maximiser le diamètre de l'âme diminue la résistance et donc les pertes.

Ceci est vrai en continu, mais en haute fréquence, l'épaisseur réduite du diélectrique entraîne une tension de claquage plus faible, et donc une puissance maximale admissible limitée.

L'optimum se réalise pour une impédance caractéristique de l'ordre de 30Ω . La valeur de 50Ω correspond à un compromis entre pertes en émission et pertes en réception.

Caractéristiques des principales références de câbles coaxiaux

Référence	Impédance Z (en ohm)	Coef. Vel.	Atténuation aux 100m (en dB)			Diamètre (en mm)	Diélectrique	
			pF/m	30MHz	100MHz			400MHz
RG-5/U	52,5	0,66	93,5	6,2	8,8	19,4	8,432	PE
RG-5B/U	50	0,66	96,78	6,2	7,9	19,4	8,432	PE
RG-6A/U	75	0,66	67	6,2	8,9	19,4	8,432	PE
RG-7/U	95		41		7,8	17		
RG-8/U	50	0,66	96,5		6,25	13,8	10,3	
RG-8/U	52	0,66	97	4,7	6,25	13,4	10,3	PE
RG-8/U	50	0,8	83,3				10,3	PEF
RG-8A/U	50	0,66	100	4,7	6,2	13,4	10,3	PE
RG-8A/U	52	0,66	97		5,75	13,5		
RG-8mini			80		25		6,1	
RG-8 XX	50	0,8		7,04			6,15	PEF
RG-9/U	51	0,66	98,4	4,9	6,5	16,4	10,79	PE
RG-9A/U	51	0,66	98,4	4,9	7,6	16,4	10,79	PE
RG-9B/U	50	0,66	100	4,9	7,6	16,4	10,79	PE
RG-10A/U	50	0,66	100	4,3	6,2	13,4	12,06	PE
RG-11/U	75	0,66	67,2	5,3	7,5	15,8	10,3	PE
RG-11/U	75	0,8	55,4				10,3	PEF
RG-11A/U	75	0,66	67,5	4	7,5	15,7	10,3	PE
RG-11A/U	75	0,66	68	4	7,5	15,7	10,3	PE
RG-12/U	75	0,66	67,5				12	PE
RG-12A/U	75	0,66	67,5	5,2	7,54	15,7	12	PE

**Atténuation aux 100m
(en dB)**

Référence	Impédance Z (en ohm)	Coef. Vel.	pF/m	Atténuation (en dB)			Diamètre (en mm)	Diélectrique
				30MHz	100MHz	400MHz		
RG-13/U	74	0,66	67,5	5,3	7,6	15,8		
RG-13A/U	75	0,66	67,5	5,2	7,5	15,7	10,8	PE
RG-14A/U	50	0,66	100	3,3	4,6	10,2	13,84	PE
RG-16/U	52	0,67	96,8		3,95		16	
RG-17/U	52	0,66	96,7	2,03	3,11	7,87	22,1	PE
RG-17A/U	52	0,66	98,4	2,03	3,11	7,9	22,1	PE
RG-18/U	52	0,66		2,03	3,11	7,87		PE
RG-18A/U	50	0,66	100	2,03	3,11	7,9	24	PE
RG-19/U	52	0,66	100	1,59	2,26	6,07		PE
RG-19A/U	50	0,66	100	1,5	2,26	6,07	28,44	PE
RG-20/U	52	0,66	100	1,5	2,26	6,07		PE
RG-20A/U	50	0,66	100	1,5	2,26	6,07	30,35	PE
RG-21A/U	50	0,66	100	30,5	42,7	85,3	8,432	PE
RG-22B/U	95		52,9		9,8	22,3		
RG-29/U	53,5	0,66	93,5		14,4	31,5	4,673	PE
RG-34A/U	75	0,66	67,2	2,79	4,59	10,9	16	PE
RG-34B/U	75	0,66	67	2,79	4,6	10,9	16	PE
RG-35A/U	75	0,66	67,3	1,9	2,8	6,4	24	PE
RG-35B/U	75	0,66	67	1,9	2,79	6,4		PE
RG-54A/U	58	0,66	87		10,5	22,3	6,35	PE
RG-55/U	53,5	0,66	93,5	10,5	15,8	32,8	5,3	PE
RG-55A/U	50	0,66	97	10,5	15,8	32,8	5,5	PE
RG-55B/U	53,5	0,66	94	10,5	15,8	32,8	5,5	PE
RG-58/U	50	0,66	95		16,1	39,5	5	PE
RG-58/U	53,5	0,66	93,3		15,3	34,5	5	PE
RG-58/U	75	0,79	55,5		15,1	34,5	6,2	PEF
RG-58A/U	53,5	0,66	93,5	10,9	16	39,4	4,96	PE
RG-58B/U	53,5	0,66	93,5		15,1	34,4	4,96	PE
RG-58C/U	50	0,66	100	10,9	16,1	39,4	4,95	PE
RG-59/U	73	0,66	68,6	7,9	11,2	23	6,2	PE
RG-59/U	75	0,79	55,5				6,2	PEF
RG-59A/U	75	0,66	67,3	7,9	11,2	23	6,2	PE
RG-59B/U	75	0,66	67	7,9	11,2	23	6,2	PE
RG-62/U	93	0,84	44,3	5,7	8,86	17,4	6,2	PEA
RG-62/U	95	0,79	44				6,2	PEF
RG-62A/U	93	0,84	44,3	5,7	8,86	17,4	6,2	PEA
RG-62B/U	93	0,86	46		9,51	20,34	6,2	PEA

**Atténuation aux 100m
(en dB)**

Référence	Impédance Z (en ohm)	Coef. Vel.	pF/m	Atténuation aux 100m (en dB)			Diamètre (en mm)	Diélectrique
				30MHz	100MHz	400MHz		
RG-63B/U	125	0,76	36		4,92	11,15	10,3	PE
RG-67B/U	93		43		9,5	20,3		
RG-71B/U	93	0,66	46	5,7	8,86	17,4	6,2	PE
RG-74A/U	50	0,66	100	3,3	4,6	10,2	15,7	PE
RG-79B/U	125	0,74	36			16	11,5	PE
RG-83/U	35	0,66	144,4		9,2		10,3	PE
RG-84A/U	75		67	2	2,79	6,4		
RG-112 /U	50	0,66	100			45	4,06	PE
RG-114A/U	185	0,66	22			42	10,3	PE
RG-122/U	50	0,66	100	14,8	23	54,2		
RG-133A/U	95	0,66	53				10,3	PE
RG-141/U	50	0,7	96,5		10,82	22,64	4,9	T
RG-141A/U	50	0,69	96,5		10,82	22,64	4,9	T
RG-142/U	50	0,7	96,5		12,8	26,25	5,3	T
RG-142A/U	50	0,7	95	9	12,8	26,25	4,95	T
RG-142B/U	50	0,7	96,5		12,8	26,25	4,95	T
RG-164/U	75	0,66	67	2	2,79	6,4	22,1	PE
RG-174/U	50	0,66	101	17	29,2	57,4	2,55	PE
RG-174A/U	50	0,66	100	21,7	29,2	57,4	2,54	PE
RG-177/U	50	0,66	100	2,03	3,11	7,9	22,73	PE
RG-178B/U	50	0,7	93,5			91,9	1,9	T
RG-179B/U	75	0,7					2,54	T
RG-180B/U	95	0,7					3,68	T
RG-187A/U	75	0,7	64			52,5	2,79	T
RG-188A/U	50	0,7	95	17	37,4	54,8	2,79	T
RG-195A/U	95	0,7					3,93	T
RG-196A/U	50	0,7	95	27	43	95	2,03	T
RG-212/U	50	0,66	100	6,2	8,9	19,4	8,43	PE
RG-213/U	50	0,66	97	3,2	6,25	13,5	10,3	PE
RG-213/U	50	0,66	97	3,2	6	13	10,3	PE
RG-213/U	50	0,66	101	3,2	7	13,5	10,3	PE
RG-213/U	52	0,66	101	4,3	6,2	13,5	10,3	PE
RG-213foam	50	0,772	73	1,95		11,6	10,3	PEF
RG-213 US → 100	50	0,66	101	2,45			10,3	PE
RG-214/U	50	0,66	100	4,9	7,6	16,4	10,8	PE
RG-214 US	50	0,66	101	3,2	5,7	13	10,8	PE
RG-215/U	50	0,66	101	4,3	6,2	13,5	12,1	PE

**Atténuation aux 100m
(en dB)**

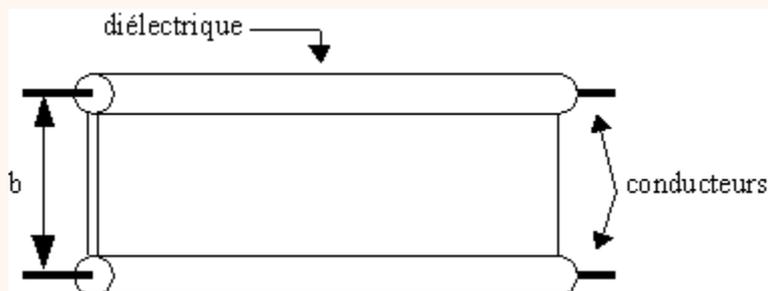
Référence	Impédance Z (en ohm)	Coef. Vel.	pF/m	Atténuation (dB)			Diamètre (en mm)	Diélectrique
				30MHz	100MHz	400MHz		
RG-216/U	75	0,66	67	5,3	7,6	15,8	10,8	PE
RG-217/U	50	0,66	100	3,9	4,6	10,17	13,84	PE
RG-218/U	50	0,66	100	2,03	3,11	7,87	22,1	PE
RG-219/U	50	0,66	100	2,03	3,11	7,87		PE
RG-220/U	50	0,66	96,8	1,5	2,29	6,07	28,45	PE
RG-221/U	50	0,66	100	1,5	2,26	6,07	30	PE
RG-222/U	50	0,66	100	30,5	42,7	85,3	5,5	PE
RG-223/U	50	0,66	101	10,5	15,8	32,8	5,3	PE
RG-224/U	50	0,66	100	3,3	4,6	10,2	15,6	PE
RG-225/U	50		96					
RG-302/U	75	0,7	69				5,23	T
RG-303/U	50	69,5	93,5			26,3		T
RG-316/U	50	0,7	95	17	28		2,59	T
RG-331/U	50	0,78						
RG-332/U	50	0,78						
RG-7612	25	0,696						
Aircom +	50	0,84	84	1,8	3,3	7,4	10,3	PEA
Aircell-7	50	0,83	74	3,7	6,9		7,3	PEA
Bamboo 3	75	0,89			1,9		17,5	PEA
Bamboo 6	75	0,88			3,7		10,5	PEA
CAF1,1/5,3	75	0,82	54	2,9	5,3		7,4	PEF
CAF1,6/7,3	75	0,82	54	2,1	3,9		9,8	PEF
CAF1,9/8,8	75	0,82	54	1,7	3,2		11,3	PEF
CAF2,5/11,4	75	0,82	54	1,4	2,6		13,9	PEF
CAF3,7/17,3	75	0,82	54	0,91	1,7		20,3	PEF
CF1/2"	50	0,82	82	1,28	2,4		16	PEF
CF1/2"	60	0,82	68	5,8	3,1		16	PEF
CF1/2"	75	0,82	54	4,9	2,6		16	PEF
CF1/4"	50	0,82	82	2,4	4,5		10	PEF
CF1/4"	60	0,82	68	2,3	4,3		10	PEF
CF1/4"	75	0,82	54	2,3	4,3		10	PEF
CF3/8"	50	0,82	82	1,9	3,5		12,1	PEF
CF5/8"	75	0,82	54	1	1,91		19,6	PEF
CF7/8"	50	0,82	81	0,71	1,36		28	PEF
CF7/8"	60	0,82	68	0,69	1,33		28	PEF
CF7/8"	75	0,82	54	0,69	1,33		28	PEF
CT 50/20 foam	50	0,8		2,33			10,3	

**Atténuation aux 100m
(en dB)**

Référence	Impédance Z (en ohm)	Coef. Vel.	pF/m	Atténuation aux 100m (en dB)			Diamètre (en mm)	Diélectrique
				30MHz	100MHz	400MHz		
CX2/6	50	0,63	97	2,8	5,3			PE
CX4/12	50	0,63	97	1,52	2,9			PE
HCF1/2	50	0,75	85	2	3,7		13,5	PEF
Heliac 1/2 andrew	50	0,88	75	1,24			16,7	
HFE1,5/6,5	60	0,66	84	3,5	6,6		8,8	PE
H100	50	0,84	80	2,1		8,4	9,8	PEA
H155	50	0,79	100	3,4	9,4		5,4	PEF
H500	50	0,81	82	4,1	8,7	9,8	7	PEF
H1000	50	0,83					10,3	
H2000	50	0,799	81,6	2,2			10,3	PEF
LCF1/2"	50	0,87	76	1,23	2,3		16	PEF
LCF7/8	50	0,87	76	0,66	1,25		28	PEF
LDF4/50A	50	0,88	77,1			5	16	
3/8"	50	0,79		3,85	8,05	10,3		
TU-165	50	0,7	95			41	2,19	T
TU-300	50	0,7	95			25	3,58	T
TU-545	50	0,7	95			14	6,35	T

La ligne bifilaire

C'est une ligne de transmission constituée de deux fils parallèles séparés par un isolant.



Elle est principalement caractérisée par :

- son impédance caractéristique Z_c , typiquement 300 ohms pour les antennes de TV et FM, ainsi qu'entre 500 et 1000 ohms en émission radio;

- sa constante d'affaiblissement α à une fréquence donnée, qui traduit les pertes dans la ligne.
- un facteur de vélocité qui dépend du matériau isolant et des fenêtres vides dans celui-ci. Typiquement on trouve 0,66 pour du polyéthylène plein, 0,85 s'il possède des fenêtres et de 0,92 à 0,97 pour une ligne constituée de fils parallèles munis d'écarteurs en matière plastique.
- une tension de claquage déterminée par le rapport d'onde stationnaires admissible beaucoup plus élevé que pour une ligne coaxiale

Hautes fréquences

La ligne bifilaire a été utilisée pour relier une antenne de réception TV à un téléviseur, le câble coaxial la remplace depuis longtemps. Elle est économique, mais souffre de plusieurs inconvénients par rapport à son concurrent, la ligne coaxiale:

- elle doit être placée suffisamment loin des murs, gouttières etc. car la présence d'objets surtout métalliques - influence la propagation du signal dans la ligne ;
- les pertes augmentent au fil du temps, des particules de poussière se déposant sur le support isolant ; les lignes professionnelles sont ajourées et n'ont pas ce problème.
- en émission haute fréquence, lorsque la distance b entre les conducteurs n'est plus négligeable par rapport à la longueur d'onde du signal se propageant dans la ligne, la ligne rayonne si le couplage externe n'est pas symétrique, ce qui provoque des pertes s'ajoutant à celles dues à la résistance des fils et aux pertes dans le diélectrique. Une des solutions est parfois de torsader légèrement la ligne. Par ailleurs lorsque le ROS est très élevé, la présence d'ondes stationnaires induit des pertes supplémentaires qui peuvent être très grandes - néanmoins infiniment plus petites que pour une ligne coaxiale.

Pour les radioamateurs, une telle ligne est appelée '**échelle à grenouille**'.

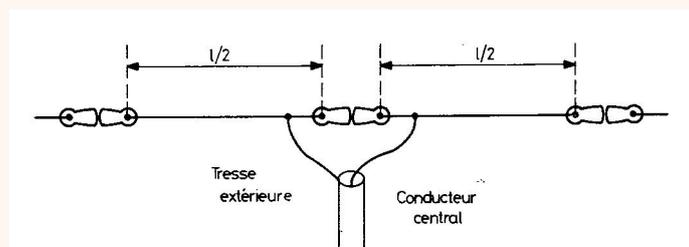
Cette ligne ne rayonnera pas si dans chaque point de la ligne, les courants des deux conducteurs ont la même magnitude et sont en opposition de phase.

C'est pourquoi cette ligne doit avoir à son extrémité une charge symétrique.

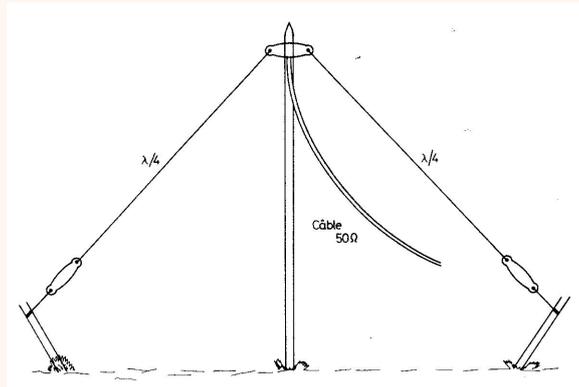
Un autre type est le câble 'twin lead' pour lequel on utilise du matériel diélectrique (PVC) pour maintenir les deux conducteurs à égale distance.

Ce câble a plus de perte que 'l'échelle à grenouille' utilisant l'air comme isolateur.

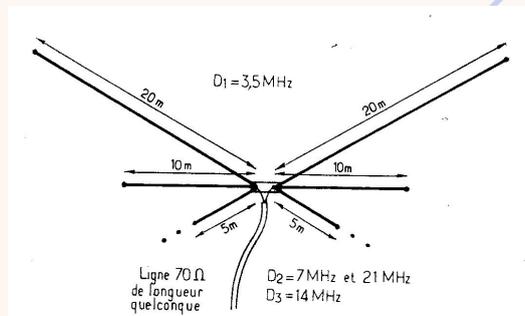
Types d'antennes et impédance.



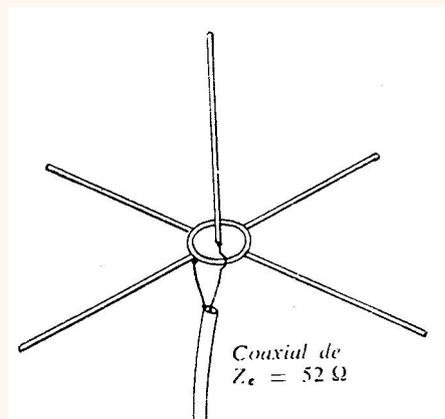
l'impédance d'une antenne demi-onde normalement dégagée et pour une hauteur d'au moins 10 mètres, est d'environ **73 ohms**.



Pour le doublet demi-onde, en V inversé, c'est une antenne dégagée et à 10 mètres du sol en son point milieu. Attention à respecter l'angle de 120 degrés.
L'impédance devient alors = à **50 ohms**.

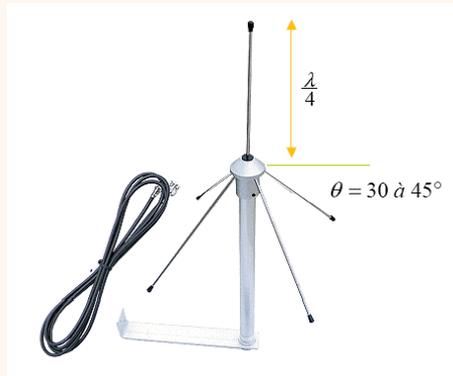


l'antenne multi doublet n'est pas différente du doublet demi-onde.
Une seule ligne d'alimentation suffit, en **70 ohms**.



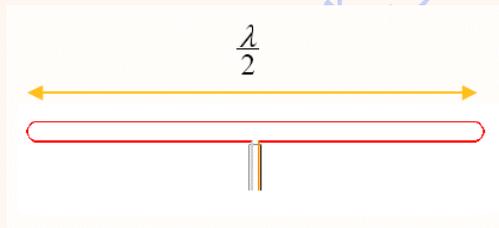
Dans une antenne ground plane quart d'onde, l'impédance pour une antenne avec les (4) brins horizontaux, est de **36 ohms**.

On peut utiliser du câble coaxial 50 ohms car, même si l'adaptation n'est pas parfaite, le ROS = à 52/36 est de 1.5 soit des pertes inférieures à 1 dB



A noter qu'en baissant les radians de 45 degrés, on obtient une impédance de **50 ohms**.

L'antenne $5/8^\circ$, peut grâce à une self à la base, un gamma match, ou un couplage par circuit LC, être modifiée pour obtenir une impédance de **50 ohms**.



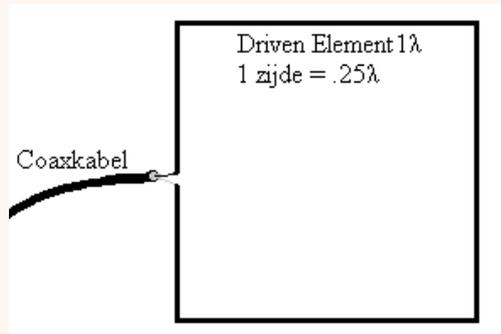
Le dipôle replié : son impédance est de 4 fois celle du doublet, soit **300 ohms**.
On utilise alors du twin lead ou un balun 300/75 et le changement "symétrique / asymétrique.



L'antenne Yagi, c'est une antenne directive. La position des divers éléments modifie l'impédance qui varie de **18 à 25 ohms** au lieu des 73 ohms du dipôle d'origine.
Il faudra faire d'autant plus attention aux pertes vu que le Z est plus faible (courant plus fort-contacts !)

Pour tomber juste, les solutions en présence :

- Boîte d'accord
- Quart d'onde magique
- Gamma & Beta match
- Epingle à cheveux
- Balun



L'antenne Quad, cubical quad, delta loop, loop est une variante du dipôle replié (240 à 300 ohms), l'impédance de cette ligne $\lambda/2 = 150$ ohms.



Le balun est simplement un transformateur d'impédance servant à adapter une ligne symétrique (l'antenne) à une ligne non symétrique ou asymétrique (le câble coaxial), d'où son nom Balun pour "Balance-Unbalanced".

Il y a deux types de balun, vous avez le 4 : 1 (4 pour 1) et le 1 : 1 (1 pour 1).

Le 4 : 1 permet l'adaptation d'impédance de 300 ohms à 75 ohms.

Le 1 : 1 permet l'adaptation égale, soit si l'antenne est 50 ohms il donnera 50 ohms également.

La raison d'un balun 1 : 1 est pour permettre d'isoler l'antenne de votre ligne de transmission. Sinon, la ligne d'alimentation pourrait rayonner une partie de votre signal.

De plus, le balun est " DC ground ", ceci veut dire qu'en courant continu il est ouvert " short " (si vous tester un balun avec un multimètre vous verrez que le positif et le négatif font contact

), par contre en courant alternatif, il est fermé (une fréquence radioélectrique est en courant alternatif, donc l'antenne ne sera plus " short ").

Ceci vous protégera en quelques sortes des orages électriques et de l'accumulation d'électricité statique dans l'antenne.

Si **jamais vous voulez tester un balun** afin de déterminer s'il est 1:1 ou 4:1. Le moyen le plus facile est de le relier à votre radio HF à l'aide d'un câble coaxial et de brancher une résistance de 1 Watt sur les deux bornes servant à brancher les fils de l'antenne.

Baissez la puissance de votre radio au minimum et transmettez quelques secondes le temps de prendre la lecture de votre taux d'ondes stationnaires.

Si celui-ci est près de 1:1 vous êtes alors en présence d'un balun 1:1.

Si votre TOS monte au dessus de 3:1, c'est que vous avez alors un balun de type 4:1.

Radioamateurs-France