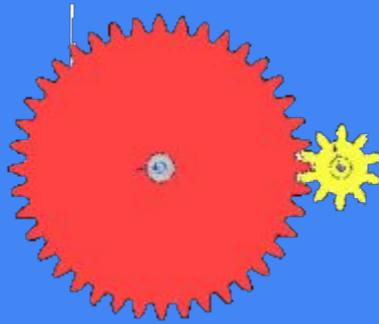


Radio Club de Guadeloupe
<https://radioamateur.gp/examen>

Lignes de Transmission



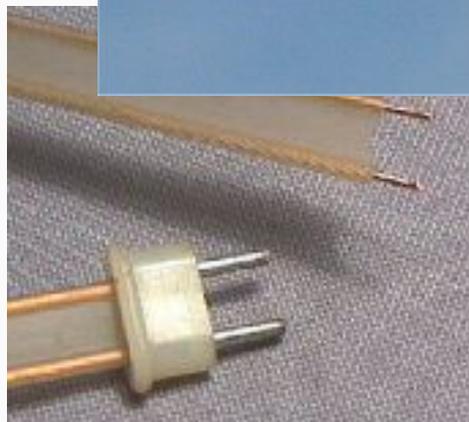
Si vous n'êtes pas à l'aise avec les calculs focalisez-vous uniquement sur les questions qui ne comportent pas le symbole ci-dessus. Mémorisez l'ensemble des cours et travaillez sans faille les calculs simples pour obtenir la moyenne. Cela passe notamment la mémorisation de la table de conversion des gains :

0	1	2	3	4	5	6	10
1	=1,25	=1,5	X2	=2,5	3,16	X4	X10

Une ligne de transmission



Exemple de lignes



Une ligne de transmission



- le plus court possible
- adapté à la fréquence
- adapté à la puissance
- adapté au bilan de liaison

Câbles coaxiaux



Diamètre : de 1mm à 50mm

Rayon de courbure de 10mm à 1m

Puissance supportée : de qqs mW à plusieurs kW

Vélocité selon l'isolant

Atténuation

Prix : de 1€/m à 50€/m

Impédance d'une ligne de transmission

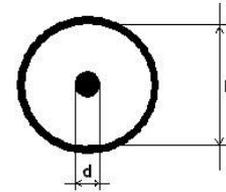
L'impédance c'est l'écartement entre les conducteurs $Z = \sqrt{L / C}$

pour un un câble coaxial :

rapport des diamètres du conducteur intérieur et du conducteur extérieur, ainsi que de la constante diélectrique de l'isolant => $Z = 138 \log D/d$

Règle sur les lignes de transmissions : 50 ohms, en réception TV : 75 ohms

La longueur du câble ne change pas l'impédance caractéristique du câble.



Průřez koaxiálního vedení:

D = vnitřní průměr vnějšího vodiče
d = vnější průměr vnitřního vodiče
 ϵ_r = permitivita dielektrika mezi vodiči

$$\text{Impedance } Z = \frac{138}{\sqrt{\epsilon_r}} \log \frac{D}{d}$$

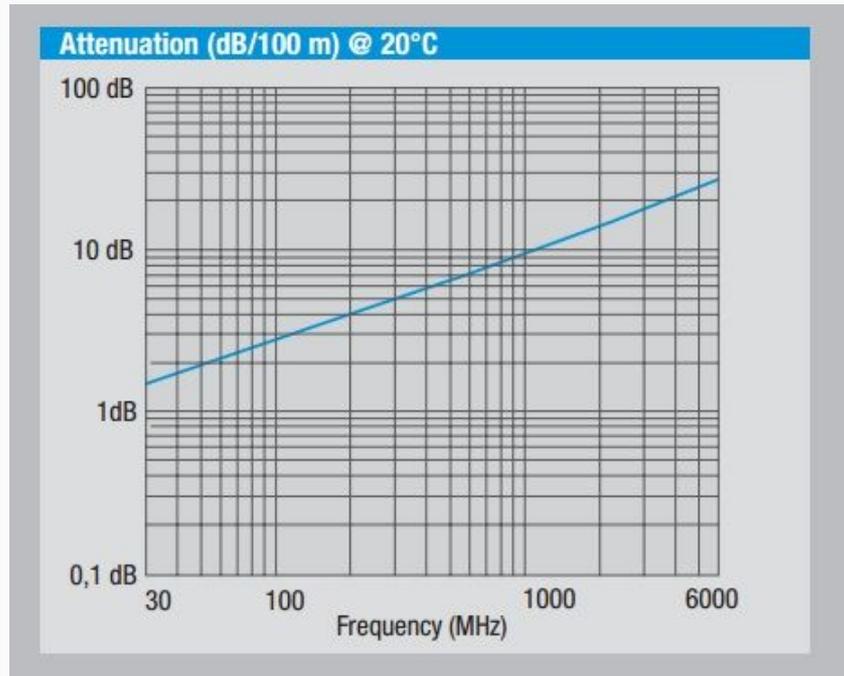
Cross-section of coaxial line:

D = inner diameter of outer conductor
d = outer diameter of inner conductor
 ϵ_r = permittivity of dielectric between conductors

Câbles coaxiaux courants :

RG58	Hyperflex/Ultraflex 7	RG213	Hyperflex/Ultraflex 10	Ecoflex-15
				
<p>↑ économique ↓ très mauvaise performance à éviter au maximum Diamètre : 5mm Prix : 1€ Note : 1/5</p>	<p>↑ parfait pour HF 1kW ↓ pertes en V/UHF Diamètre : 7mm Prix : 3€/m Note : 4/5</p>	<p>↑ aucun avantage ↓ pertes/prix Diamètre : 10mm Prix : 2,50€/m Note : 2/5</p>	<p>↑ faibles pertes V/UHF ↓ pertes/prix Diamètre : 10mm Prix : 4€/m Note : 4/5</p>	<p>↑ très faibles pertes V/UHF ↓ prix Diamètre : 15mm Prix : 11€/m Note : 5/5</p>

Les pertes dans un coaxial :



Les pertes dans un coaxial :

For your information			
	ECOFLEX 15	RG 213/U	RG 58/U
Capacity pF/m	77	101	102
Velocity factor	0,86	0,66	0,66
attenuation dB/100 m			
10 MHz	0,86	2,0	5,0
100 MHz	2,81	7,0	17,0
500 MHz	6,7	17,0	39,0
1000 MHz	9,8	22,5	54,6
3000 MHz	18,7	58,5	118

Vélocité

La vitesse de propagation dans une ligne de transmission est toujours inférieure à la vitesse de la lumière dans le vide. C'est le coefficient de vélocité.

COAX CABLE DIELECTRIC MATERIAL	DIELECTRIC CONSTANT	VELOCITY FACTOR
Polyethylene (PE)	2.3	0.659
Foam polyethylene	1.3 - 1.6	0.88 - 0.79
Air spaced polythene		0.84 - 0.88
Foam polystyrene		0.910
Solid PTFE	2.07	0.695
Air spaced PTFE		0.85 - 0.90

Connecteurs coaxiaux

SMA



RP-SMA

Max 25 GHz
Max 75 W

BNC



Max 4 GHz
Max 100 W

UHF

PL259/SO239



Max 300 MHz
Max 1500 W

N



Max 11 GHz
Max 400 W

Montage connecteur

«Spotflam» de la marque Campingaz, facile à trouver pour 18 euro.

Nous voulons un connecteur qui soit solidaire du câble et qui ait un bon contact électrique avec le socket. C'est pourquoi nous travaillerons finement, c'est la base du succès.

La première étape est la coupe du coax. Pour cela, nous n'utilisons pas de pince, mais une petite scie à métaux. Le câble est scié bien perpendiculairement. L'âme est maintenant bien nette et entrera ensuite facilement dans le connecteur. La soudure de l'âme ne nécessitera pas de finition et les mesures dans les étapes suivantes pourront se faire d'une manière précise. (Photo 1)



photo 1 : coupure nette



photo 2 : dénuder au moyen d'un couteau à dénuder



photo 3 : dénuder au moyen d'un petit coupe tuyau

photo 4 : dénudé sur 26 mm

La deuxième étape est de dénuder une partie de l'isolant extérieur. Idéalement cela doit se faire sur 26 mm de long. Si vous faites cela au moyen d'un couteau, vous risquez de ne couper l'isolant que partiellement et d'entamer la tresse extérieure. Il est donc préférable d'utiliser un petit coupe tube de plomberie ayant une profondeur réglable. (Photo 2).

Comme plus tard, nous devons encore l'utiliser, ma méthode favorite est de couper un petit bout de tuyauterie afin de le tenir toujours aiguisé et prêt pour préparer un câble, de plus, il ne servira qu'à cet usage. Un petit modèle de coupe tube bon marché fera parfaitement l'affaire. (Photo 3).

Le résultat est visible sur la photo 4.



photo 5 : étamer



photo 6 : dénuder le reste

Ensuite, nous raccourcisons la tresse extérieure à la longueur exacte. L'idéal est 11 à 12 mm. Cela se fera à nouveau au moyen de notre petit coupe tube, (photo 6) si vous n'avez pas encore cet outil, vous pouvez utiliser la petite scie à métaux. Faites attention de ne pas couper trop profondément : le conducteur central ne peut être endommagé. Le surplus d'isolation sera enlevé au moyen d'une pince à dénuder. Tourner lentement dans le sens d'enroulement du conducteur central. Ne forcer pas, de telle sorte que la tresse extérieure ne sorte pas de l'isolation externe.

Après cette étape, vous voyez apparaître la tresse extérieure comme un beau petit tube. Il faut maintenant légèrement étamer le conducteur central. Corriger la longueur si nécessaire, la mesure idéale est de 15 mm. (voir photo 7)

L'étape suivante est la mise en place du connecteur. Le connecteur ne doit pas être poncé préalablement comme certains le prétendent. Au contraire, nous essaierons le plus possible de préserver intacts les couches protectrices du connecteur (argent ou chrome). Cela ne nous aidera quand même pas pour la méthode que nous décrivons ci-dessous : le connecteur est soudé au côté intérieur du câble, l'étain se trouvant à l'extérieur ne nous aide pas pour assembler solidement la tresse extérieure. La même chose vaut pour l'âme centrale : ne grattez pas la couche de contact (en argent) ! Soyez prudent lors de la soudure de l'âme centrale et, s'il y a un peu d'étain à l'extérieur, enlevez-le prudemment sans endommager la couche d'argent. Un vrai RG213 possède un diamètre de 10,3 mm, et cela ne rentre pas dans le connecteur. Nous devons visser solidement le connecteur sur le câble, et pour cela nous avons besoin d'une pince. Nous emploierons pour cela une pince étai (vis grip). Ne serrez pas le connecteur trop fort, de façon à ce qu'il reste bien rond.



photo 7 : tresse extérieure et âme prête



photo 8 : au moyen de la vis grip

PS: maintenant il ne faut surtout pas oublier de passer l'écrou du connecteur sur le câble. Contrôlez qu'il soit placé dans le bon sens, car un connecteur correctement soudé ne s'enlève pas si facilement !

De la même manière, nous pouvons souder d'autres câbles tel le RG8. Afin d'épaisir l'isolant extérieur, nous pouvons l'entourer de quelques tours de bandes adhésives, placées dans le bon sens. En effet, il est important que le câble soit bien fixé, afin d'empêcher le passage de l'humidité.

Quelle est la meilleure façon de souder des connecteurs PL259 ?



du connecteur commence à fondre, avec comme conséquences : courts-circuits, pliage de la pointe du connecteur, etc. Nous reprenons la même procédure pour les autres trous. Maintenant, nous ne devons plus chauffer aussi longtemps. Evidemment, nous devons coincer le câble, car le connecteur devient très chaud !! Les photos ci-dessous montrent le résultat, tant pour des connecteurs de récupération que pour des nouveaux argentés ou en chrome bon marché. On voit très clairement que l'étain a bien coulé et que les 4 ouvertures sont complètement obturées. Ainsi, plus d'eau ne peut y entrer !



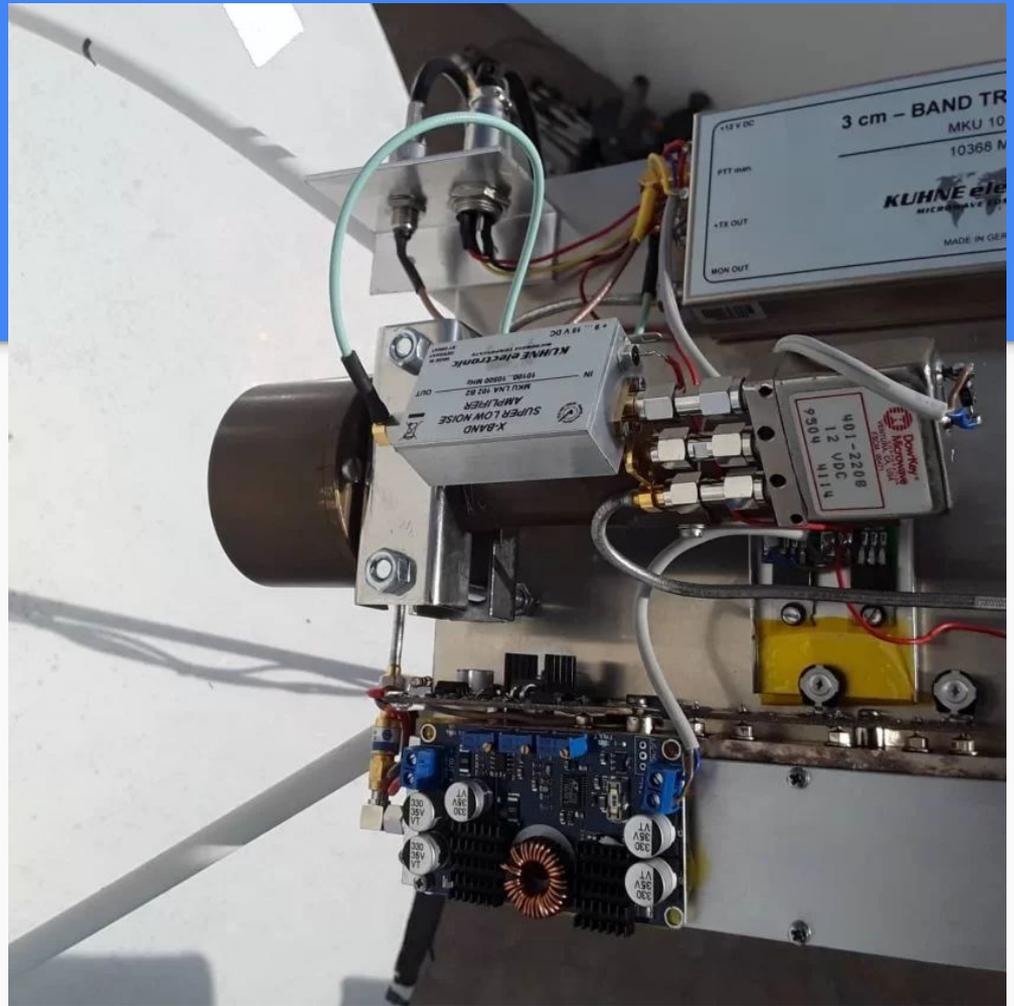
haut : deux PL de récupération

milieu : une nouvelle Amphenol argentée

bas : même celles chromées bon marché sont bien soudées.



Et en SHF ?



À mémoriser :

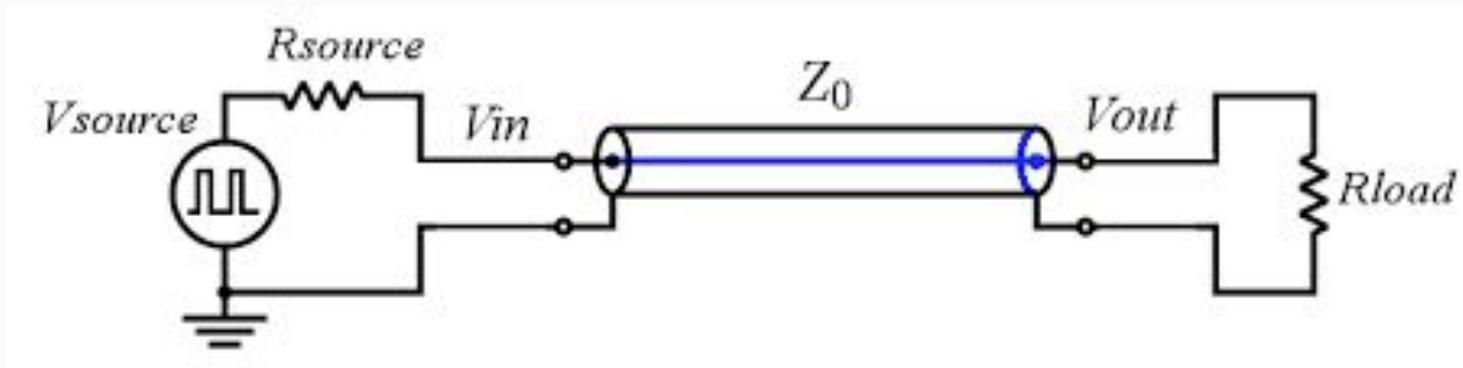
$ROS = Z \text{ plus forte} / Z \text{ plus faible}$

$Z_{\text{câble}} = \text{racine} (Z_{\text{entrée}} \times Z_{\text{sortie}})$



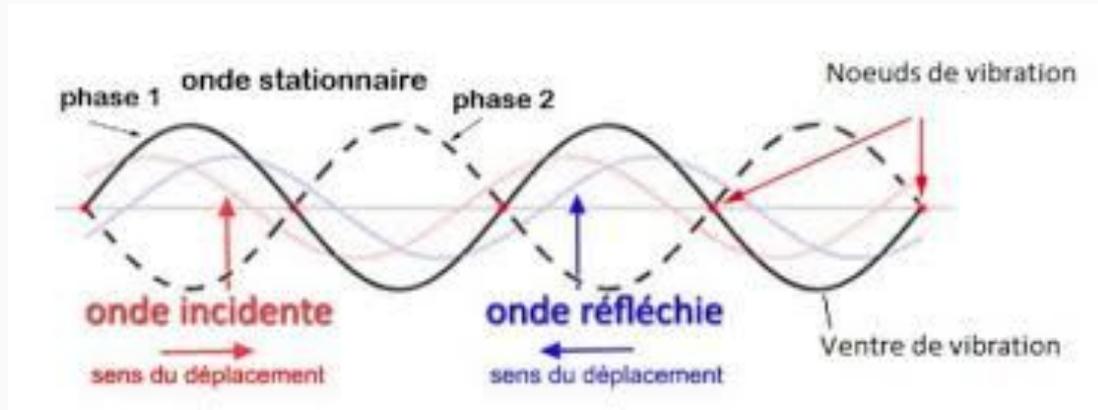
Ondes progressives

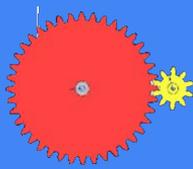
Lorsque la ligne est parfaitement adaptée à la charge, condition remplie lorsque l'impédance d'entrée de la charge est égale à l'impédance caractéristique de la ligne, cette dernière est parcourue seulement par des ondes progressives.



Ondes stationnaires

Si l'impédance de la charge est différente de l'impédance caractéristique de la ligne, une partie de l'énergie qui arrive sur la charge va être réfléchi, et une onde va se propager dans l'autre sens. La ligne va alors être le siège d'ondes stationnaires.





Coefficient de réflexion Γ

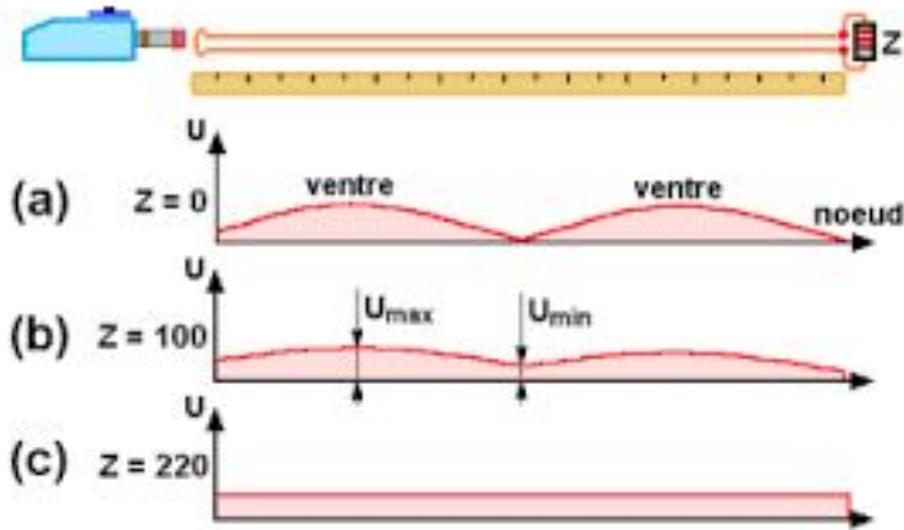
Le coefficient de réflexion Γ (roh) est un rapport qui se calcule à partir des tensions ou des courants de l'onde directe et de l'onde réfléchie :

$$\rho = \frac{U_r}{U_d} = \frac{I_r}{I_d}$$

Si nous avons les 2 puissances : (onde directe et de l'onde réfléchie)

$$\rho = \sqrt{\frac{P_r}{P_d}}$$

Rapport d'Ondes Stationnaires (ROS)



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

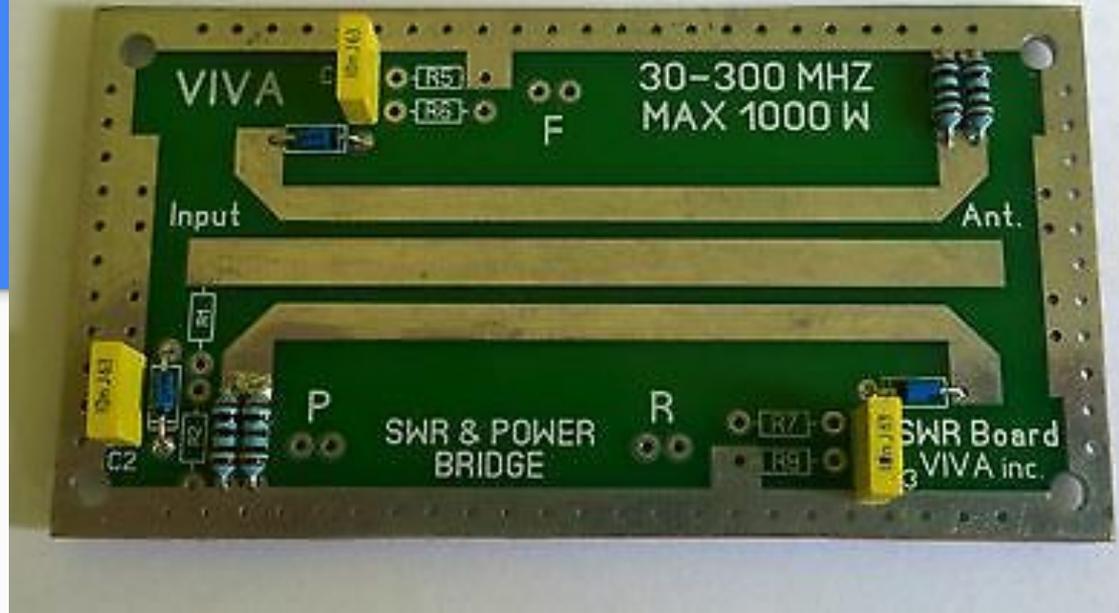


$$\text{ROS} = \frac{1 + \sqrt{\frac{\text{Pr}}{\text{Pd}}}}{1 - \sqrt{\frac{\text{Pr}}{\text{Pd}}}}$$

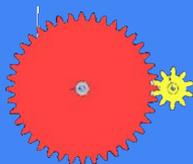
Mesurer le ROS

Un Rosmètre permet de mesurer le ROS sur une ligne de transmission en s'intercalant en série dans la

ligne au plus proche de l'émetteur. Il est constitué d'une sonde où l'on vient prélever une infime partie de l'énergie en la redressant dans un sens ou dans l'autre afin d'obtenir les tensions directe et stationnaire puis il est acheminé à un dispositif d'affichage à simple aiguille, double aiguille ou un dispositif numérique.







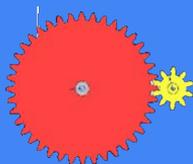
ROS \Leftrightarrow Γ

Conversion ROS \Rightarrow Γ

$$\Gamma = (\text{ROS} - 1) / (\text{ROS} + 1)$$

Conversion $\Gamma \Rightarrow$ ROS

$$\text{ROS} = \frac{1 + \rho}{1 - \rho}$$



TOS \Leftrightarrow ROS

Taux d'Onde Stationnaire = TOS = Taux en % (pensez Taux = Crédit)

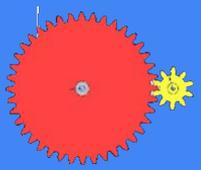
Rapport d'Onde Stationnaire = ROS = Rapport 1/1 (pensez Rapport = /)

$$\text{ROS} = \frac{100 + \text{TOS}}{100 - \text{TOS}}$$

$$\text{TOS} = \frac{\text{ROS} - 1}{\text{ROS} + 1}$$

ROS = 1/1, TOS = 0%

ROS = 1/ ∞ \Leftrightarrow TOS = 100%



Calcul de perte

$$P_{\text{réf}} = P_{\text{incidente}} \times TOS^2$$

$$P_{\text{réf}} = P_{\text{incidente}} \times \Gamma^2$$

$$\frac{P_a}{P_d} = 1 - \rho^2$$

Balun

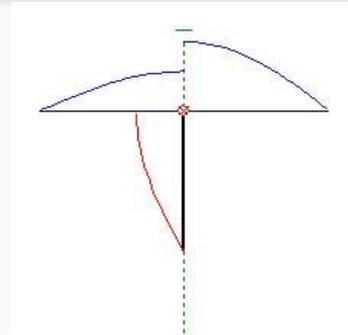
Un balun est un circuit électrique ou “transformateur” utilisé pour effectuer la liaison entre : une ligne de transmission symétrique (ligne bifilaire ou lignes imprimées parallèles) et une ligne de transmission asymétrique (câble coaxial ou ligne imprimée au-dessus d'un plan de masse).



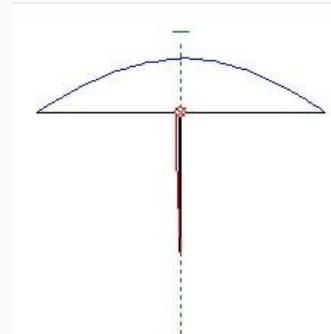
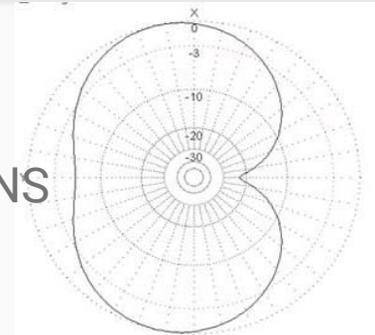
Balun

Le balun 1:1 permet donc de symétriser la ligne en permettant de répartir de façon égale l'énergie sur les 2 brin d'un dipôle.

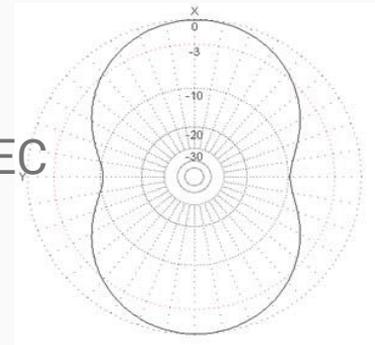
Son rapport 1:1 défini qu'il y a autant de spires d'un côté que de l'autre donc l'impédance de sortie est égale à l'impédance d'entrée.



SANS



AVEC



Balun

Les baluns peuvent également permettre une adaptation d'impédance différente que 50Ω par exemple 1:4, 1:9, ...

Transformateur d'isolement 1:1
2kW pour FCP



68,33€

BALUN 1:1 1kW
50Ω / 50Ω



50,00€ – 64,17€

BALUN 1:2 1kW
25Ω / 50Ω



59,17€ – 69,17€

BALUN 2:1 2kW
100Ω / 50Ω



69,17€ – 79,17€

BALUN 4:1 1kW
200Ω / 50Ω



55,00€ – 65,00€

BALUN 6:1 2kW
300Ω / 50Ω



70,00€ – 80,00€

BALUN 9:1 1kW
450Ω / 50Ω



52,50€ – 62,50€

UNUN 9:1 1kW
450Ω / 50Ω



52,50€ – 62,50€

UNUN 64:1
100W 3200Ω / 50Ω



52,50€ – 62,50€

Filtre de gaine (ou choke balun)

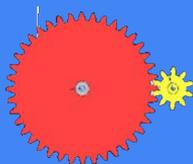
Le rôle d'un choke balun est de bloquer les courants de gaine. Ce n'est pas un symétriseur mais il permet d'éviter que la HF reviennent vers la station en bloquant celle-ci en créant une self par la génération d'un enroulement du câble coaxial.



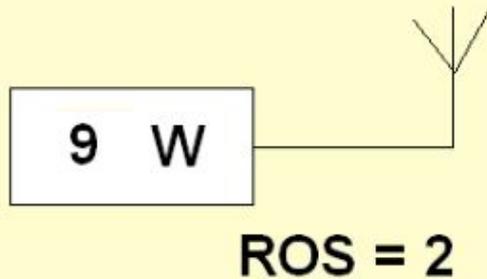
Nombre de spires pour un choke balun spires jointives							
Fréquence	Self	Câble 10-11 mm			Câble 6 mm		
		10cm	15cm	20cm	10cm	15cm	20cm
1,83	43	41	23	16	30	18	13,5
3,5	23	23	14	10	18	11,5	9
7	11,4	13	8	6,5	11	7,5	5
10,1	7,9	10	6,5	5	8,5	6	5
14	5,7	8	5,5	4	7	5	4
18,068	4,4	6,5	4,5	3,5	6	4	3,5
21	3,8	6	4	3,5	5	4	3
24,89	2,9	5	3,5	3	4,5	3,5	3
28	2,8	5	3,5	3	4,5	3	3

Commutateurs d'antenne

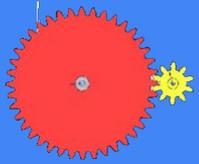




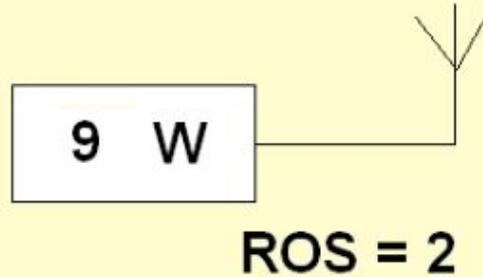
Quelle est la puissance réfléchié ?



- 2 W
- 4,5 W
- 3 W
- 1 W



Quelle est la puissance réfléchi ?

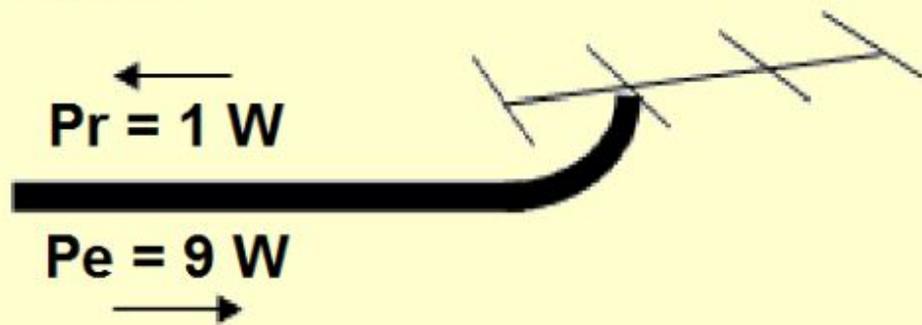


- 2 W
- 4,5 W
- 3 W
- 1 W

$$\Gamma = (\text{ROS} - 1) / (\text{ROS} + 1)$$

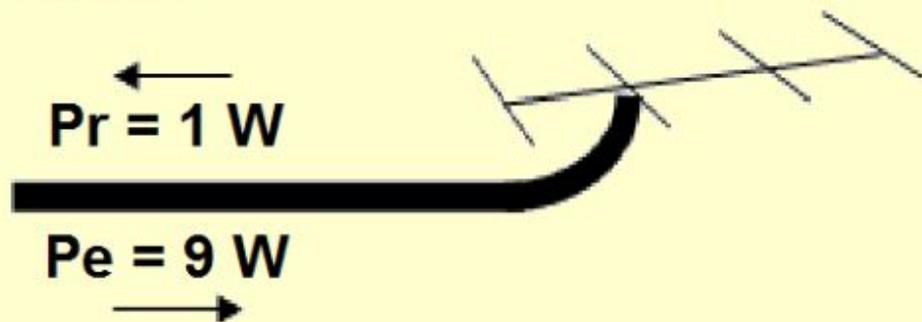
$$P \text{ réf} = P \text{ incidente} \times (\Gamma^2)$$

Valeur du ROS ?



- 9
- 4:1
- 2:1
- 0,11

Valeur du ROS ?



- 9
- 4:1
- 2:1
- 0,11

$$ROS = \frac{1 + \sqrt{\frac{Pr}{Pd}}}{1 - \sqrt{\frac{Pr}{Pd}}}$$

**Soit un câble ayant une perte
caractéristique de 3dB pour 100 mètres,
quelle sera la perte pour 33 mètres?**

- 10 %
- 1 dB
- 9 dB
- 1,5 dB

ON DISPOSE DE 4 LONGUEURS DE CABLE COAXIAL
DE COEFFICIENT DE VELOCITE = 0,66.
QUEL EST LE CABLE QUI CONSTITUE UN QUART D'ONDE
A LA FREQUENCE DE 28 MHz ?

1  l = 0,86 m

2  l = 1,52 m

3  l = 1,98 m

4  l = 1,77 m

1

2

3

4

ON DISPOSE DE 4 LONGUEURS DE CABLE COAXIAL
DE COEFFICIENT DE VELOCITE = 0,66.
QUEL EST LE CABLE QUI CONSTITUE UN QUART D'ONDE
A LA FREQUENCE DE 28 MHz ?

1  $l = 0,86 \text{ m}$

2  $l = 1,52 \text{ m}$

3  $l = 1,98 \text{ m}$

4  $l = 1,77 \text{ m}$

1

2

3

4


$$\frac{300}{L * F}$$

(en m) (en MHz)

Quelle est la particularité d'un balun 1:1 ?

- Filtre de bande
- Transformateur d'impédance
- Transformateur asymétrique / symétrique
- Isolateur de ROS

**Impédance d'une ligne 1/4 d'onde avec
25 ohms en entrée et
100 ohms en sortie ?**

- 50 Ω
- 75 Ω
- 2500 Ω
- 36 Ω

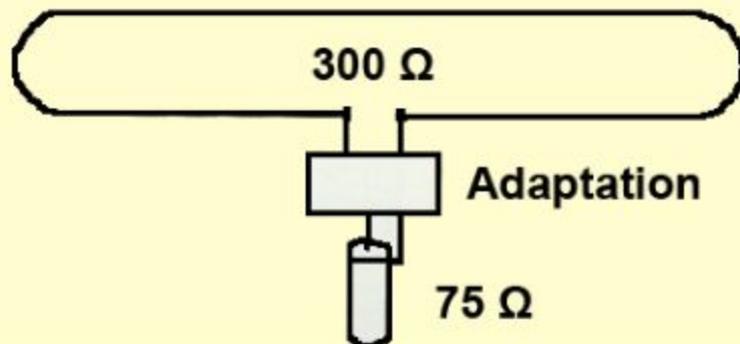
**Impédance d'une ligne 1/4 d'onde avec
25 ohms en entrée et
100 ohms en sortie ?**

- 50 Ω
- 75 Ω
- 2500 Ω
- 36 Ω

$Z_{\text{câble}} = \text{racine}(Z_{\text{entrée}} \times Z_{\text{sortie}})$

ON DISPOSE D'UN DIPOLE REPLIE 300 Ω
ET D'UN CABLE COAXIAL D'IMPEDANCE 75 Ω .

COMMENT REALISERA T-ON L'ADAPTATION ?

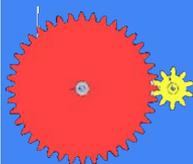


- Par un transformateur
- Par une résistance
- Par un condensateur
- Par un transistor

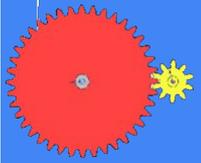
Quelle est la puissance réfléchie ?



- 15 W
- 25 W
- 5,5 W
- 2 W



Quelle est la puissance réfléchiée ?



- 15 W
- 25 W
- 5,5 W
- 2 W

$$\Gamma = (\text{ROS} - 1) / (\text{ROS} + 1)$$

$$P_{\text{réf}} = P_{\text{incidente}} \times \Gamma^2$$

On a branché par mégarde un réflectomètre à l'envers.

Une fois le calibrage en puissance incidente effectué, quel rapport de puissance réfléchi mesure-t-on ?

- un rapport égal à 0
- une valeur négative
- un rapport supérieur à 1
- une valeur en dents de scie

Quelle est la PIRE ?



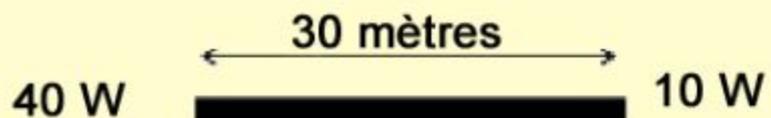
Perte dans le câble = 5 dB
Longueur du câble = 100 mètres

- 40 W
- 20 W
- 10 W
- 60 W

**Dans quelle gamme de fréquence utilise-t'on
généralement un guide d'onde ?**

- HF
- UHF
- SHF
- VHF

Affaiblissement linéique ?



- 0,1 dB/m
- 0,6 dB/m
- 5 dB/m
- 0,2 dB/m

Une station émet une PAR de 6000 W avec un émetteur délivrant une puissance de 15 W. Le câble qui alimente l'antenne mesure 30 mètres et a une atténuation de 0,2 dB/m.

Quel est le gain de l'antenne en dB ?

- 20 dB
- 32 dB
- 406 dB
- 6 dB

Une station émet une PAR de 6000 W avec un émetteur délivrant une puissance de 15 W. Le câble qui alimente l'antenne mesure 30 mètres et a une atténuation de 0,2 dB/m.

Quel est le gain de l'antenne en dB ?

- 20 dB
- 32 dB
- 406 dB
- 6 dB

$$15\text{W} \rightarrow - \dots \text{ dB} \rightarrow + \dots \text{ dB} = 6000\text{W}$$

Une station a une P.A.R. de 600 W, la puissance de l'émetteur est de 15 W, quel est le gain de l'antenne (en dBd) ?

- 60 dB
- 40 dB
- 18 dB
- 16 dB

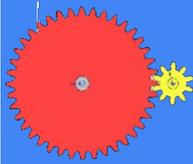
L'impédance d'un câble coaxial est fonction :

- de la fréquence utilisée
- de la longueur du câble
- de la modulation appliquée
- du rapport entre les diamètres de l'âme et de la tresse

Quelle est la PIRE ?



- 40 W
- 160 W
- 250 W
- 400 W



Emetteur

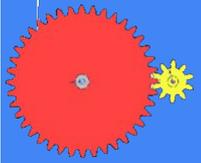
ROS = 2



$P_e = 9 \text{ W}$

$P_r = ?$

- 1 W
- 4,5 W
- 3 W
- 2,25 W



Emetteur

ROS = 2



$P_e = 9 \text{ W}$

$P_r = ?$

- 1 W
- 4,5 W
- 3 W
- 2,25 W

$$TOS = \frac{ROS - 1}{ROS + 1}$$

$P_{\text{réf}} = P$

incidente $\times TOS^2$

Un bon TOS doit être :

- égal à 1
- égal à 0
- inférieur à 0
- inférieur à 1

Soit un câble coaxial de 10 mètres de long et de 50 ohms d'impédance sur la fréquence 14,100 MHz. Quelle est son impédance pour une longueur de 20 mètres ?

- 25 ohms
- 100 ohms
- 50 ohms
- cela dépend de l'impédance de la charge