

Le ROS et sa mesure

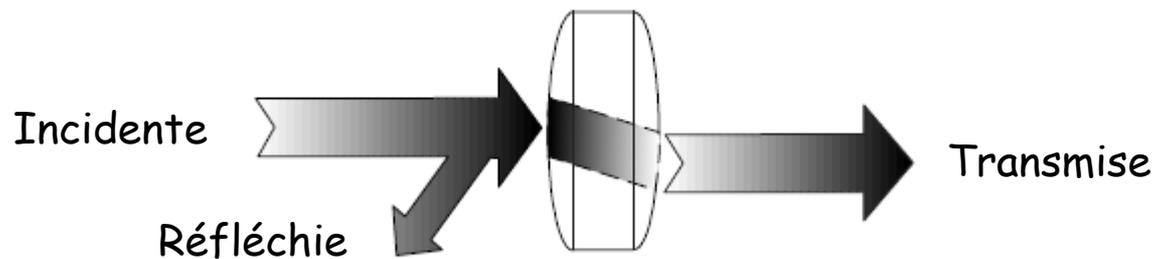
F6AIX
Avril 2008

Objectif

- 1-Comprendre la notion d'adaptation d'impédance
- 2-Comprendre la différence onde progressive / stationnaire
- 3-Comprendre la différence entre coefficient réflexion/ROS
- 4-Comprendre le principe de mesure et exploiter cette mesure

Analogie

Analogie « Lumière »



Lignes et transmission de puissance

Le transfert de puissance est maximum lorsque les impédances de ligne , de source et de charge sont identiques



Dans ce cas le signal peut être continu ou HF de fréquence quelconque



On dit que la ligne se ferme sur son impédance caractéristique

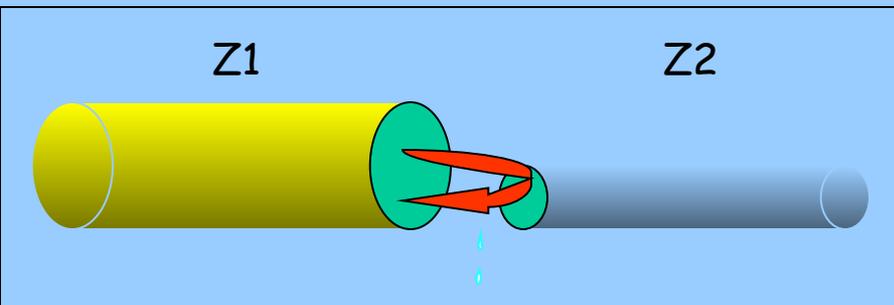
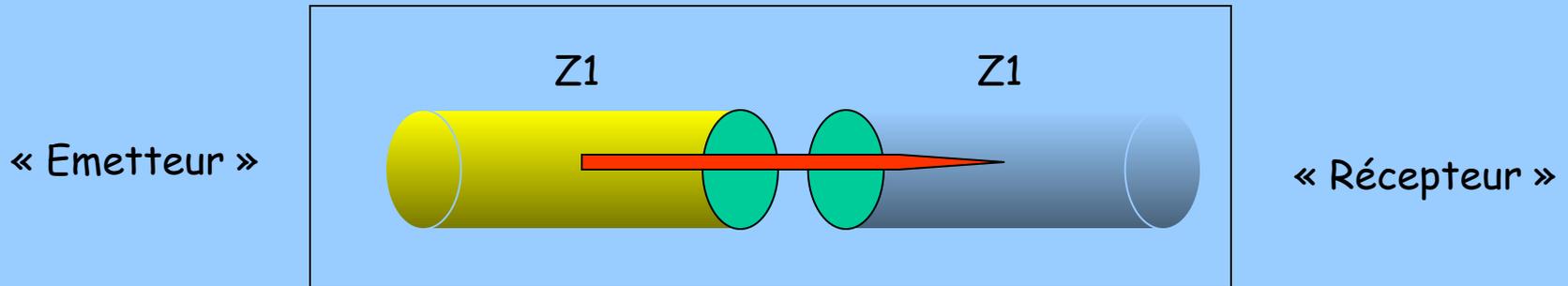
La **référence** est la ligne à laquelle on adapte le générateur et la charge



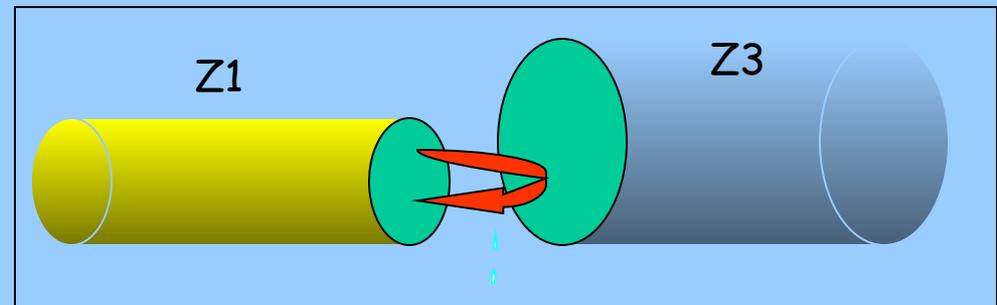
**LA MESURE DU ROS EST UNE FACON DE CONNAITRE
LE DEGRE D'ADAPTATION LIGNE/CHARGE
ET LE POURCENTAGE DE PUISSANCE TRANSMIS**

Lignes et transmission de puissance

Le transfert de puissance est maximum lorsque les impédances ligne(source)/charge sont identiques

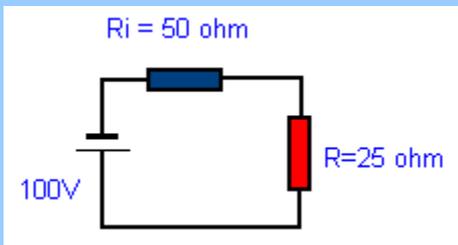


Pertes!!



Lignes et transmission de puissance

Le transfert de puissance est maximum lorsque les impédances ligne(source)/charge sont identiques

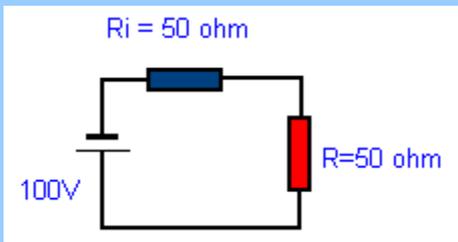


$$I = U/R \quad I = 100/50+25 = 1.33 \text{ A}$$

Puissance consommée par R

$$P = RI^2$$

$$P = 25 \times 1.33^2 = 44 \text{ W}$$

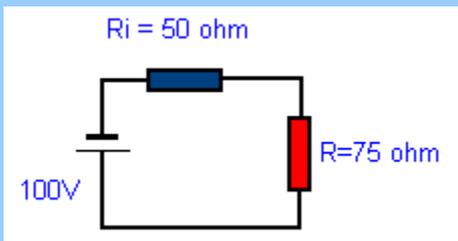


$$I = U/R \quad I = 100/50+50 = 1 \text{ A}$$

Puissance consommée par R

$$P = RI^2$$

$$P = 50 \times 1^2 = 50 \text{ W}$$



$$I = U/R \quad I = 100/50+75 = 0.8 \text{ A}$$

Puissance consommée par R

$$P = RI^2$$

$$P = 75 \times 0.8^2 = 48.6 \text{ W}$$

Exemples



50Ω

50Ω

50Ω



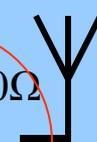
Adapté



50Ω

75Ω

50Ω



Désadapté



50Ω

50Ω

50-j6

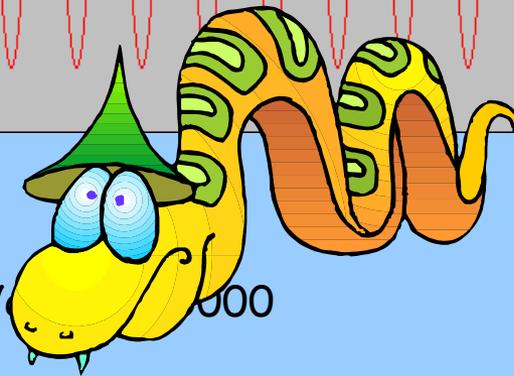
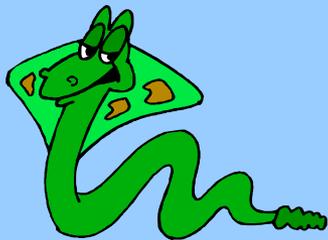
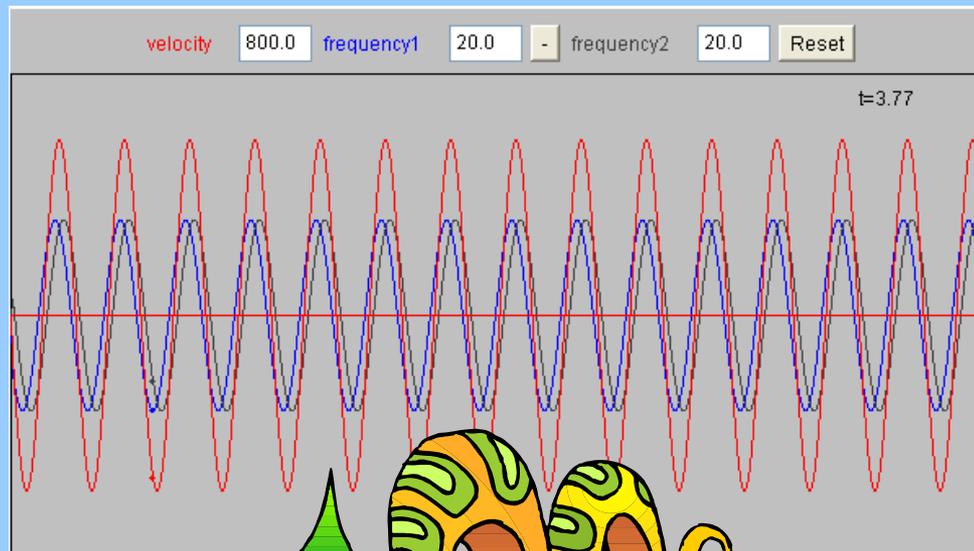


Désadapté

Ondes Progressives/Stationnaires

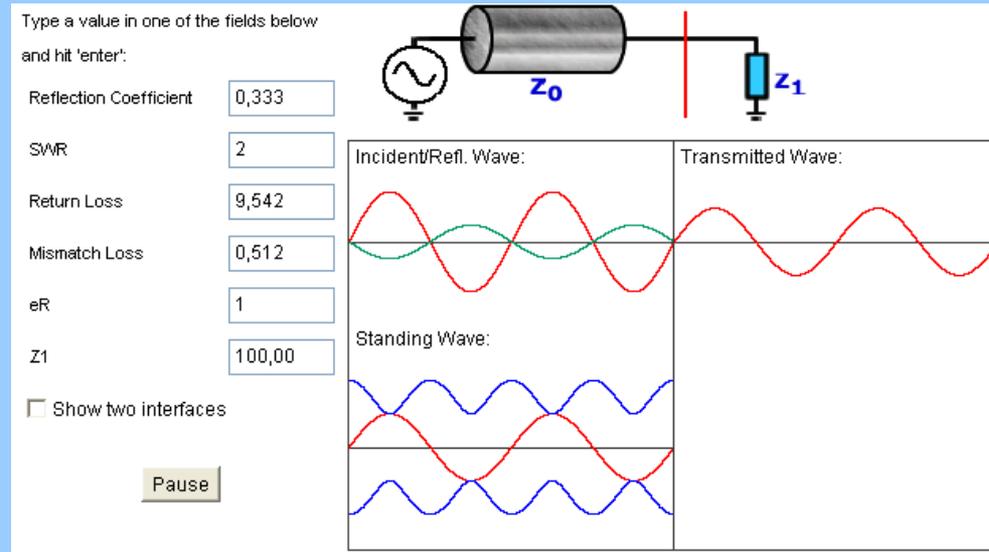
Onde progressive: signal d'amplitude constante issu de l'émetteur & qui voyage vers l'antenne **OU** réfléchi par l'antenne vers l'émetteur

Onde stationnaire: signal qui est l'addition des ondes progressives incidente ET réfléchie : ventres & noeuds immobiles



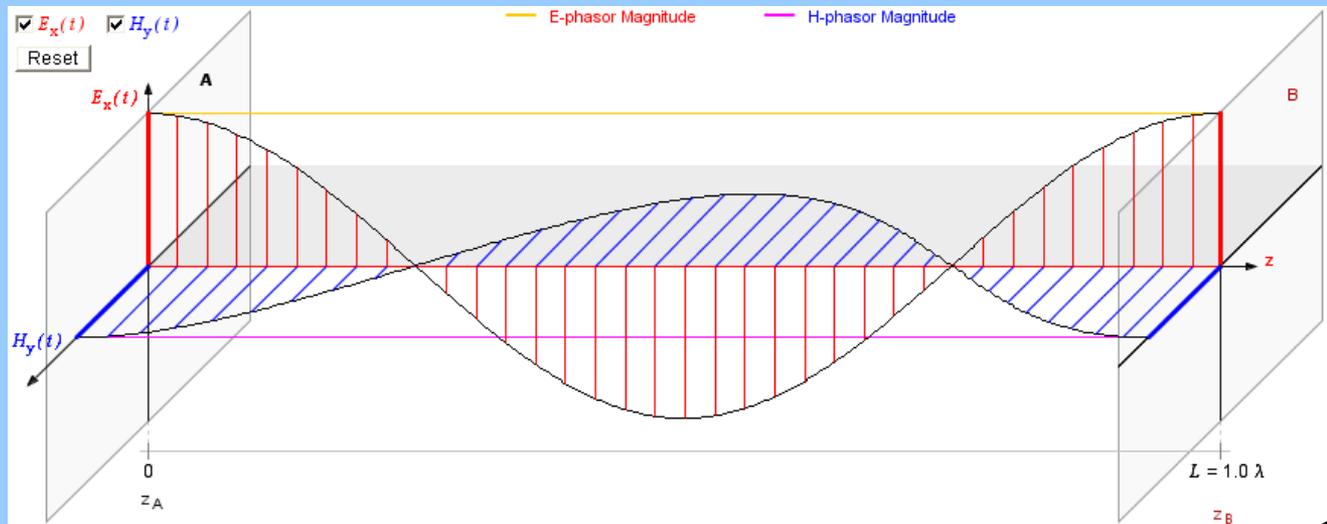
Applet wave superposition V 000

Ondes Directes/Réfléchies/Transmises

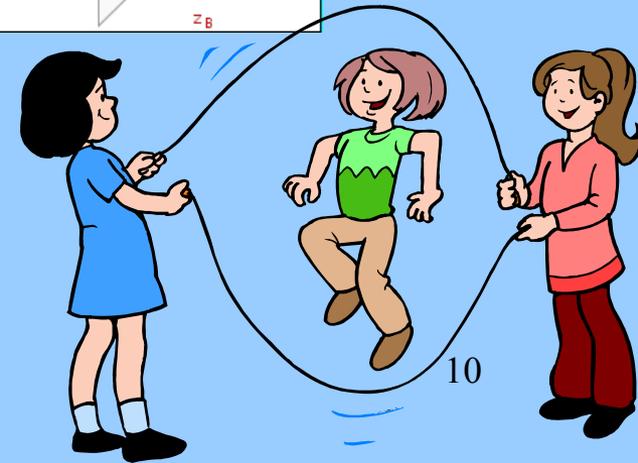


50% de l'énergie est dans le champ magnétique (courant)
50% de l'énergie est dans le champ électrique (tension)

Champ électromagnétique



Comme 2 cordes à sauter à 90°
En phase



On a une onde progressive lorsque.....?



Ligne chargée par son impédance caractéristique Z_c



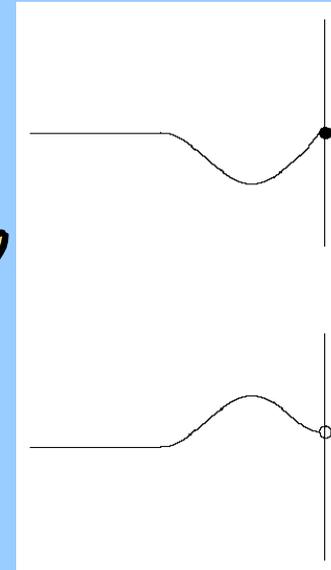
Ligne infiniment longue

On a une onde stationnaire lorsque...?

- ↘ Ligne terminée par un court-circuit
- ↘ Ligne terminée par un circuit ouvert
- ↘ Ligne terminée par une charge purement réactive

Phase de l'onde réfléchie

Dépend de la charge
Signal représenté : **TENSION**



Court circuit

Circuit ouvert

Applet reflexion point fixe-mobile

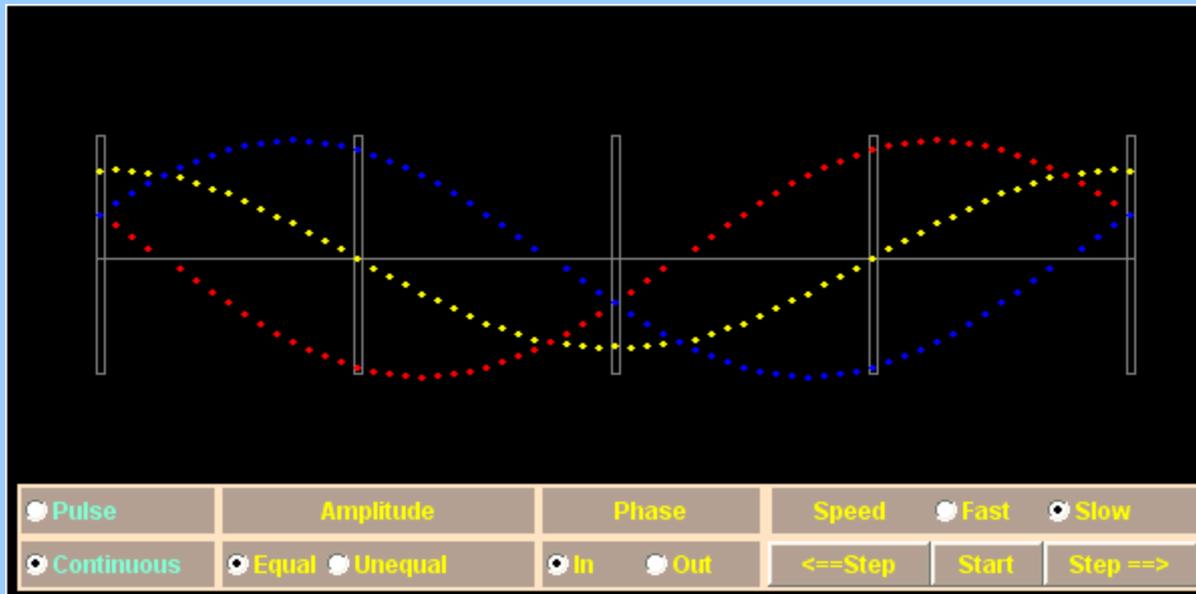


Ondes Progressives/Stationnaires

Onde progressive: signal issu de l'émetteur & qui voyage vers l'antenne OU réfléchi par l'antenne vers l'émetteur

Onde stationnaire: signal qui est l'addition des ondes progressives incidente ET réfléchie : ventres & noeuds immobiles

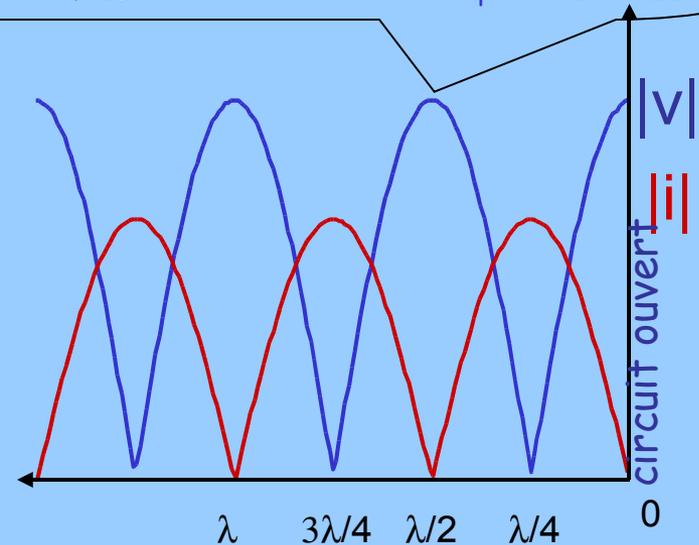
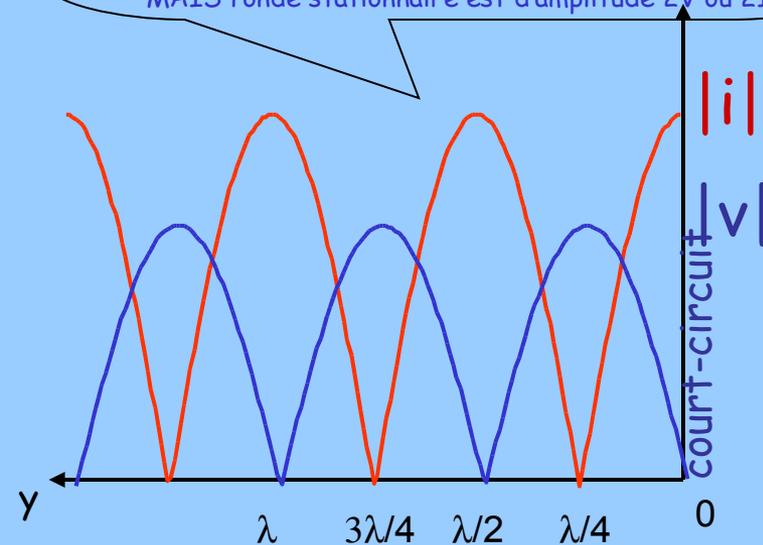
La position des ventres & noeuds de l'onde réfléchie dépend de la nature de la charge



$Z_r=0$ Ondes stationnaires $Z_r=\infty$

La tension s'annule \rightarrow champ électrique nul \rightarrow transfert énergie sur champ magnétique en phase \rightarrow le courant double \rightarrow se comporte comme un générateur \rightarrow recrée un champ électrique ET un champ magnétique \rightarrow V&I réfléchis sont de même amplitude que V&I incidents \rightarrow MAIS l'onde stationnaire est d'amplitude 2V ou 2I

Le courant s'annule \rightarrow champ magnétique nul \rightarrow transfert énergie sur champ électrique en phase \rightarrow la tension double \rightarrow se comporte comme un générateur \rightarrow recrée un champ électrique ET un champ magnétique \rightarrow V&I réfléchis sont de même amplitude que V&I incidents \rightarrow MAIS l'onde stationnaire est d'amplitude 2V ou 2I



Tension réfléchie en opposition de phase
 Courant réfléchi en phase
 Ondes stationnaires E/I à 90°

Tension réfléchie en phase
 Courant réfléchi en opposition de phase
 Ondes stationnaires E/I à 90°

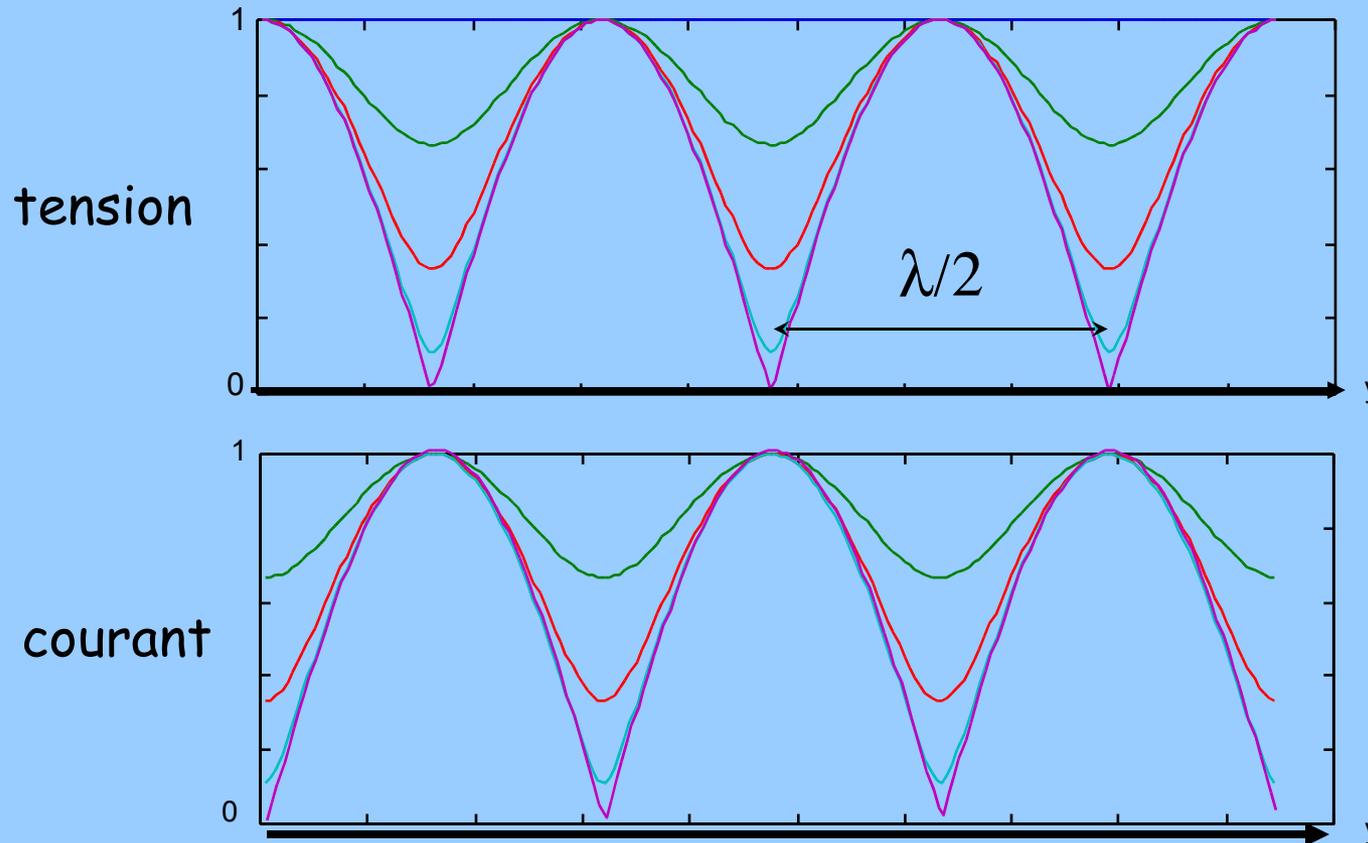
Ondes partiellement stationnaires

Ligne terminée par une impédance Z_r quelconque

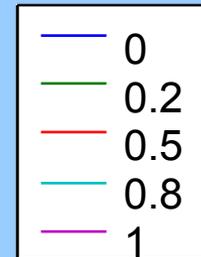
↩
Combinaison d'1 onde progressive et d'1 onde stationnaire

Ondes partiellement stationnaires

Enveloppe des signaux pour circuit ouvert :

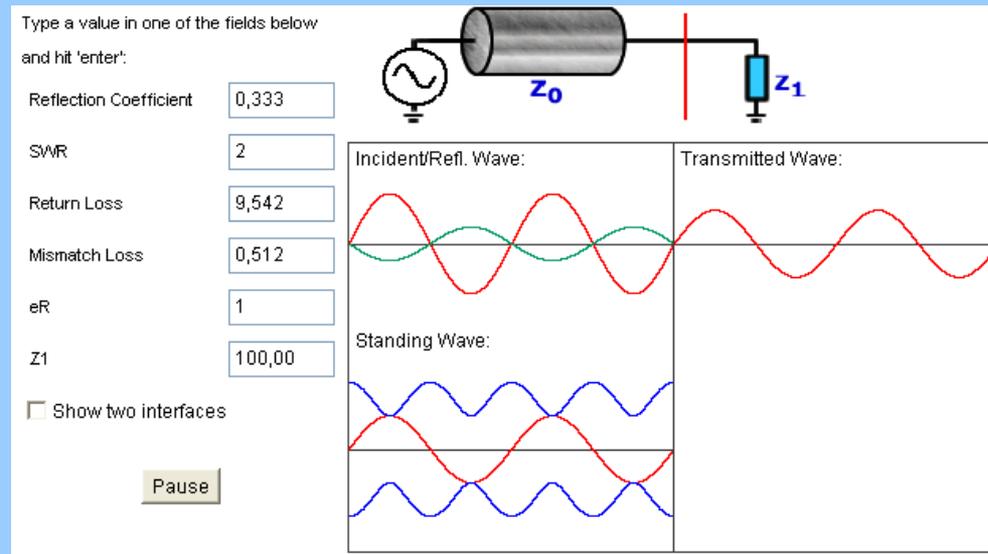


valeur de R

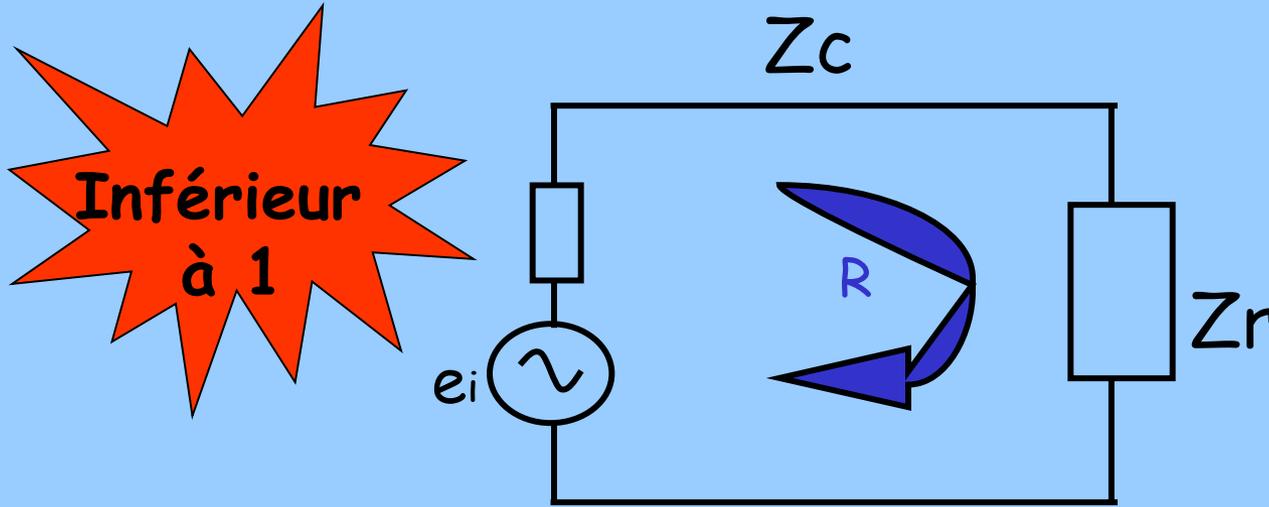


**Enveloppe
toujours
sinusoïdale**

Ondes partiellement stationnaires



Coefficient de réflexion



Pour une ligne sans pertes :

$$R = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c}$$

$$R = \frac{V_{\text{réfléchie}}}{V_{\text{incidente}}}$$

Avec une ligne donnée, la réflexion dépend uniquement de la charge placée à son extrémité



concept d'adaptation



Ligne en court circuit



$$R = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c} = -1 \quad \text{car } Z_r = 0 \Rightarrow \begin{cases} |R| = 1 \\ \varphi = \pi \end{cases}$$

Ligne ouverte



$$R = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c} = 1 \quad \text{car } Z_r \text{ infini} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} |R| = 1 \\ \varphi = 0 \end{cases}$$

Lorsque R varie....



$$R = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c}$$

$$0 < Z_r < \text{Infini} \Rightarrow -1 < R < +1$$

$$0 \leq |R| \leq +1$$



Onde progressive
OP

R=0



Onde partiel[†] stationnaire
OPS

R entre 0 et 1

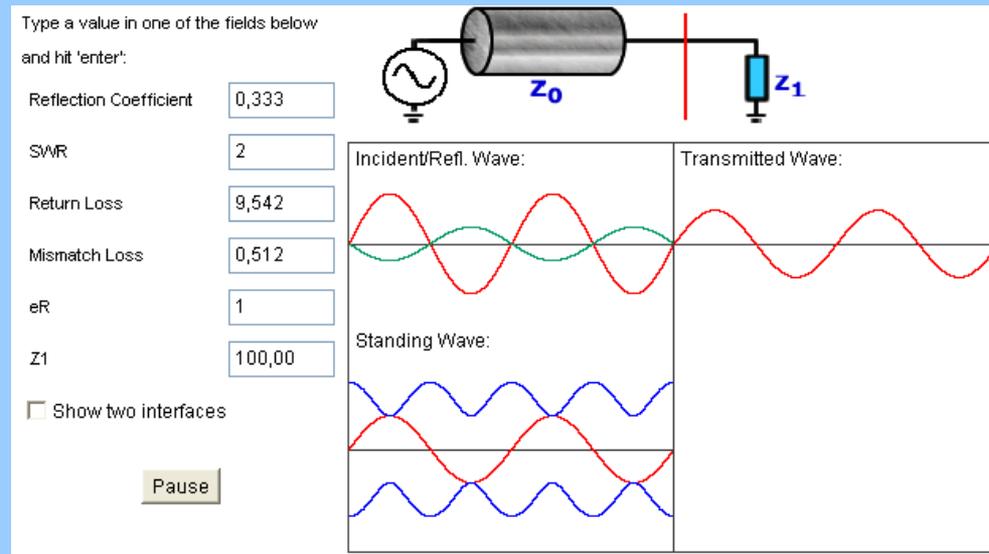


Onde stationnaire
OS

R=1

22

Coefficient de réflexion



$$ROS = Z_r / Z_c$$

ROS

Supérieur
à 1

On définit le **R**apport d'**O**ndes **S**tationnaires
ou VSWR (Voltage Standing Waves Ratio) :

$$ROS = \frac{1 + |R|}{1 - |R|}$$

$$ROS = \frac{V_{\text{stationnaire max}}}{V_{\text{stationnaire min}}}$$

Onde progressive : ROS=1

Onde pseudo stationnaire : plus ROS augmente,
plus l'onde est stationnaire

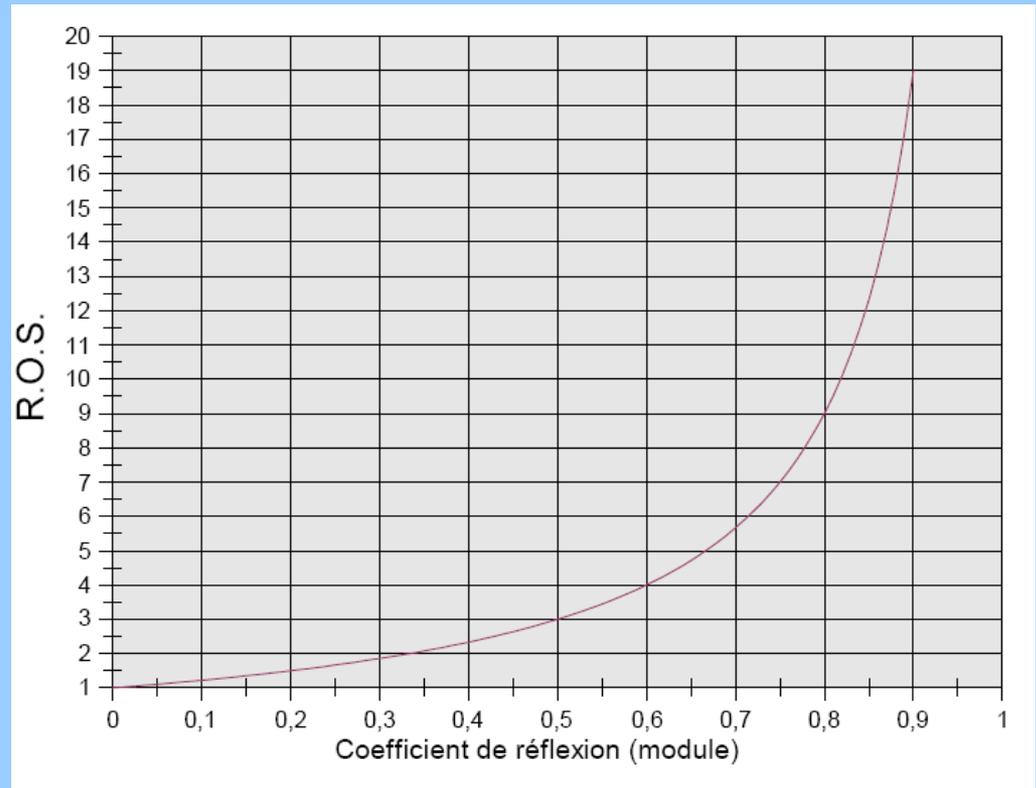
Onde stationnaire : ROS=infini

ROS & Coefficient de réflexion

$$ROS = \frac{1 + |R|}{1 - |R|}$$

$R=0 \rightarrow ROS=1$

$R=1 \rightarrow ROS= \text{Infini}$



ROS=1 impératif?

R	R.O.S.	R ² = f réfl. / P dir.	
0	1	0	Green
0,05	1,11	0,25 %	Green
0,10	1,22	1 %	Green
0,15	1,35	2,5 %	Green
0,20	1,50	4 %	Green
0,25	1,67	6,25 %	Yellow
0,30	1,86	9 %	Yellow
0,35	2,08	12,25 %	Orange
0,40	2,33	16 %	Orange
0,45	2,64	20,25 %	Orange
0,50	3	25 %	Red
1	∞	100 %	Red

BOF!

~~DX~~

Pertes dans la ligne

Les ondes réfléchies ajoutent des tensions et courants dans la ligne et une augmentation des pertes diélectriques/résistives

Générateur



Charge

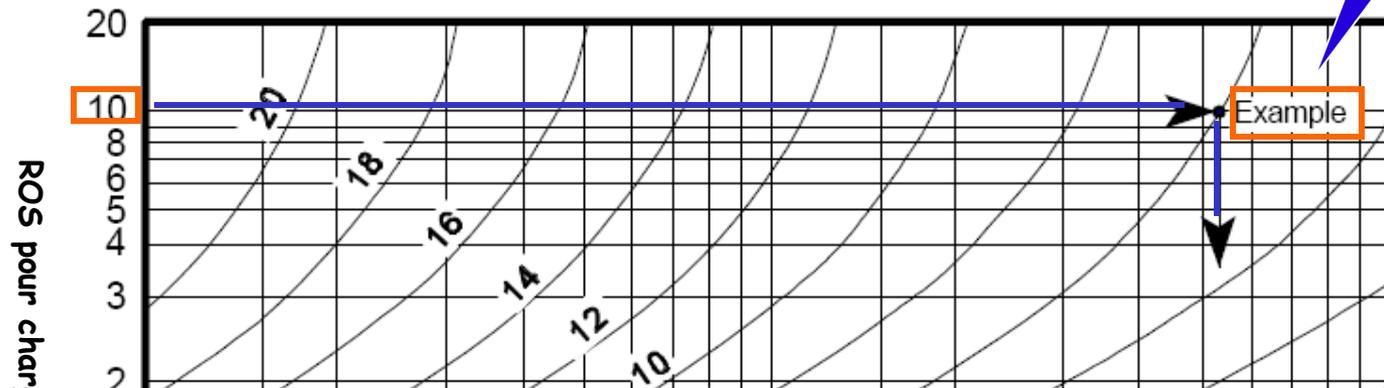


FINISH

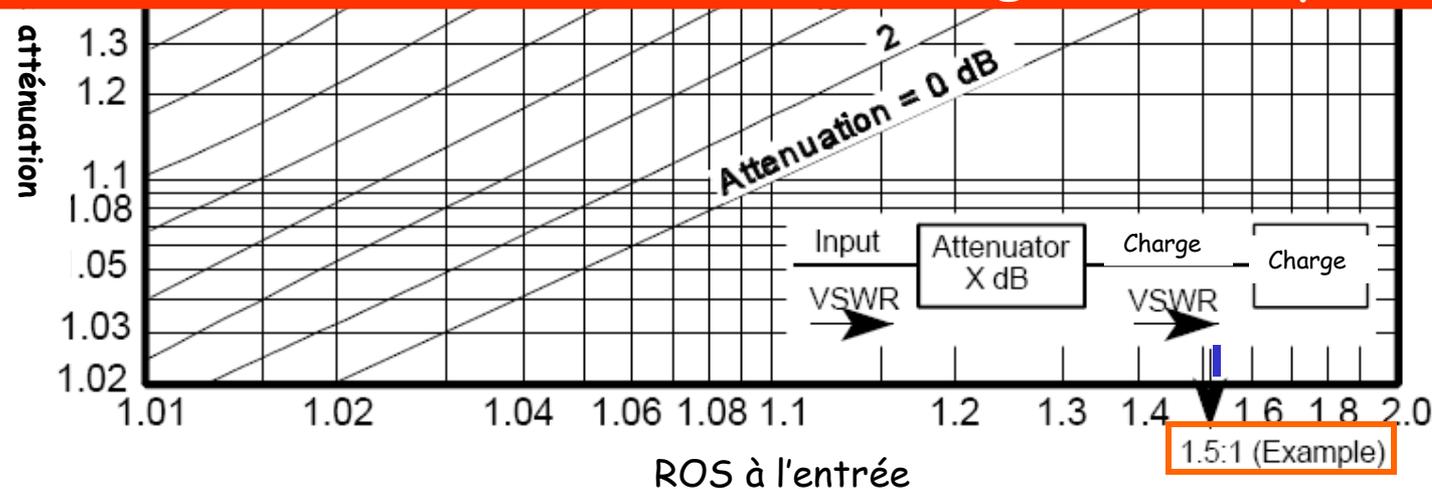


ATTENTION : PIEGE!

La ligne a une atténuation de 6 dB --> le ROS affiché est de 1.5 mais le ROS réel est de 10



Minoration du ROS mesuré si la ligne a des pertes



Réduction du ROS par atténuation

Le RETURN LOSS(*)

C'est une alternative à la mesure du ROS

Permet une meilleure sensibilité et travail à bas niveau

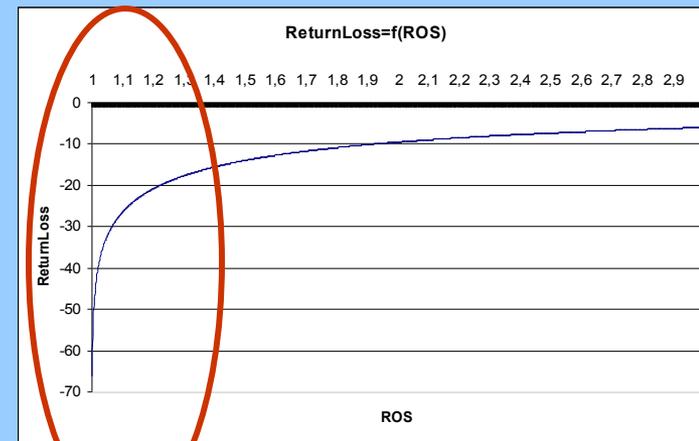
Echelle de -Infini à Zéro (dB)

Se mesure avec un montage en pont

$$\text{Return Loss} = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{\text{incidente}}}{P_{\text{réfléchie}}} \right)$$

$$\text{Return Loss} = 20 \cdot \log \left(\frac{V_{\text{incidente}}}{V_{\text{réfléchie}}} \right)$$

$$\text{Return Loss} = 20 \cdot \log$$



En résumé



$$R = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c}$$

0

Coefficient de reflexion R

1

$$ROS = \frac{1 + |R|}{1 - |R|}$$

1

Rapport d'ondes stationnaires ROS

+Infini

$$\text{Return Loss} = 20 \cdot \text{Log} \left(\frac{ROS - 1}{ROS + 1} \right)$$

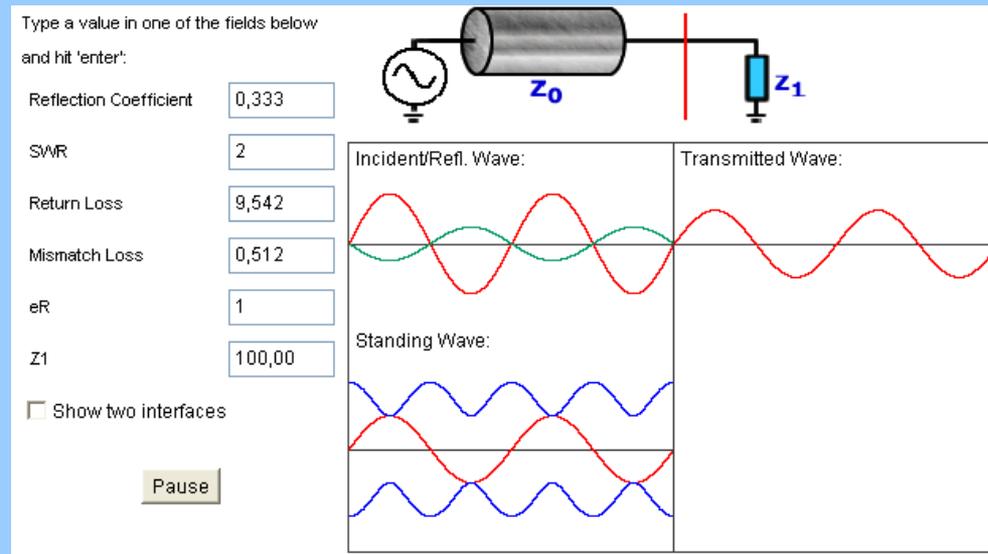
-Infini

Return Loss RL

0dB



En résumé



ROS ou TOS ?

TOS est un vocable exclusivement français.....
de définition imprécise

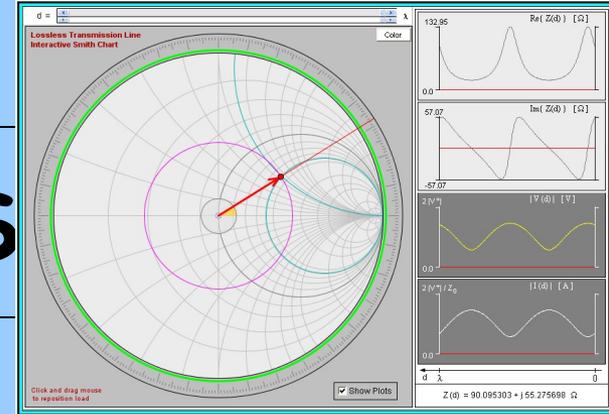
Les pays anglo-saxons utilisent VSWR

La littérature technique utilise ROS

Une seule chose à mémoriser: **ROS**



Mesure du ROS



Qu'est ce qu'un ROS mètre?

+Permet de mesurer le ROS **EN UN POINT** d'une ligne de transmission **SI** son impédance caractéristique est égale à celle de la ligne

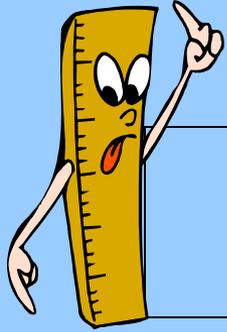
+Ne mesure pas directement les ondes stationnaires (nécessiterait 2 mesures à $\lambda/4$)

+Le ROS mètre mesure la tension et le courant et calcule par cablage

$$V_{\text{incident}} + V_{\text{réfléchi}} \quad V_{\text{incident}} - V_{\text{réfléchi}} \text{ (amplitude ET phase)}$$

+Le tarage à « pleine échelle » du signal « V_{incident} » permet d'afficher le ROS avec le seul signal « $V_{\text{réfléchi}}$ » après détection

Démonstration??



Mesure du ROS suite....

$$R = \frac{V_{\text{réfléchié}}}{V_{\text{incidente}}}$$

Si $V_{\text{incidente}}=1$

$$R = V_{\text{réfléchié}}$$

$$\text{ROS} = \frac{1 + |R|}{1 - |R|}$$

Si $V_{\text{incidente}}=1$

$$\text{ROS} = \frac{1 + |V_{\text{réfléchié}}|}{1 - |V_{\text{réfléchié}}|}$$

Le galva visualise $V_{\text{réfléchié}}$ comme un % de la pleine échelle
→ donc comme un % de $V_{\text{incidente}}$
→ sur une échelle non linéaire

Application: échelle du ROS-mètre

$$R = \frac{V_{\text{réfléchi}}}{V_{\text{incident}}}$$

$$\text{ROS} = \frac{1 + |R|}{1 - |R|}$$



Si $V_{\text{incident}} = 1$ ou 100% échelle vu-mètre (réglage manuel)
 Les graduations ROS sont alors situées à

$\text{ROS}=3=1+R/1-R$	$3-3R=1+R$	$4R=2$	$R=0.5$ échelle
$\text{ROS}=2=1+R/1-R$	$2-2R=1+R$	$3R=1$	$R=0.33$ échelle
$\text{ROS}=1.5=1+R/1-R$	$1.5-1.5R=1+R$	$2.5R=0.5$	$R=0.2$ échelle

Signification de la mesure

La mesure du ROS permet d'évaluer la transmission d'énergie entre un émetteur et sa charge

Sans Tuner d'adaptation:

Le ROS est le même quel que soit l'emplacement de mesure tout au long de la ligne → on a une image du ROS au niveau de l'antenne

MAIS l'impédance mesurée au niveau du ROS mètre ne sera identique à celle de l'antenne **que si** la ligne a une longueur multiple de $\lambda/2$

Avec un Tuner d'adaptation:

Le ROS mesuré est celui de la ligne entre le tuner et l'émetteur

IL N'EST PAS REPRESENTATIF DE CELUI EXISTANT AU NIVEAU DE L'ANTENNE

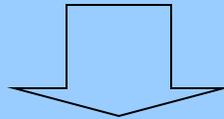
ROS=1 ne signifie pas que l'antenne est adaptée à la ligne

Comment le mesurer?

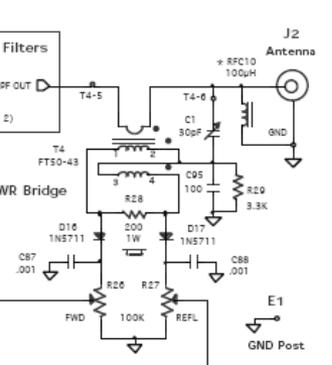
Avec l'image de la tension directe

+

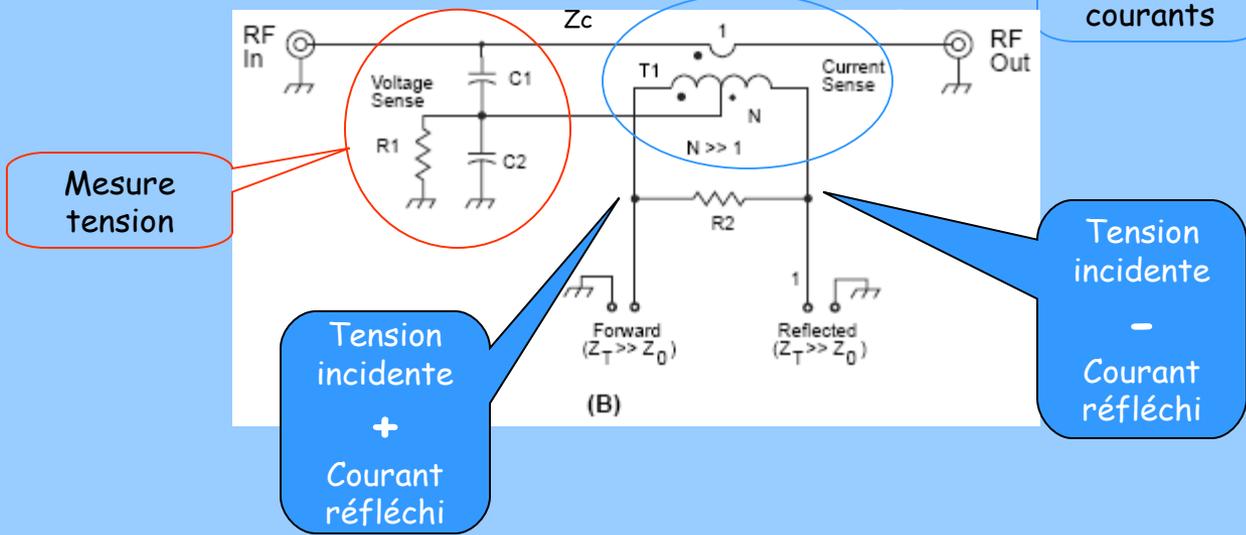
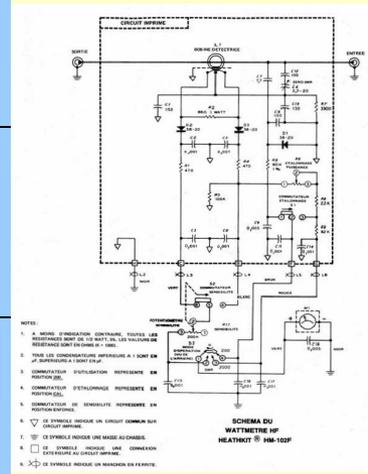
Avec l'image du courant réfléchi



Avec des coupleurs permettant de les différentier



Famille de coupleurs 1



$C1$ - $C2$ est un diviseur capacitif pour mesure de la tension (rapport « n »)

$T1$ est un transformateur de courant double pour mesure des courants incident et réfléchi en opposition de phase (ratio « N »)

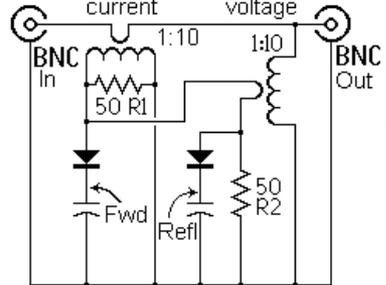
$N=n$ pour que $R1=Z_c$

La tension aux bornes de $C2$ est en série avec celles développées aux secondaires de $T1$

On obtient V_i+V_r et V_i-V_r

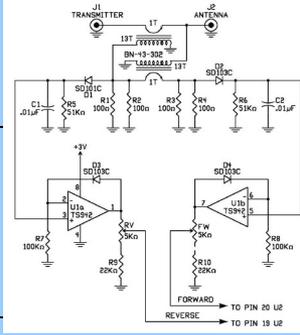
La ligne couplée a sa propre impédance caractéristique.Elle doit être chargée par cette impédance pour que la mesure soit valide

La ligne principale du coupleur fait partie du système de transmission et doit avoir une impédance caractéristique égale à celle de la ligne extérieure



Coefficient de couplage = $20\text{Log}N$

Famille de coupleurs 2

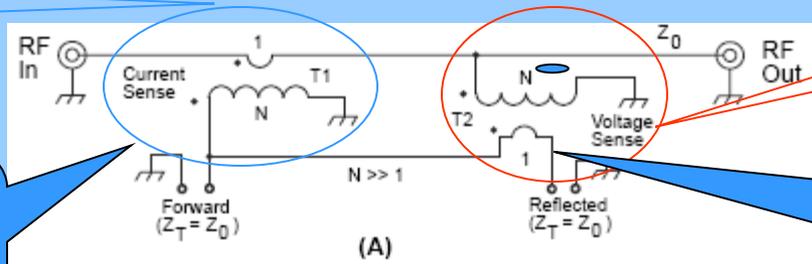


Mesure courants

Mesure tension

Tension incidente
+
Courant réfléchi

Courant incident
-
Courant réfléchi



T2 est un transformateur abaisseur de tension (en parallèle sur la charge)

T1 est un transformateur abaisseur de courant (en série avec la charge) et IDENTIQUE A T1

Avec la charge NOMINALE

+Le courant généré par T1 traverse T2 en opposition de phase avec celui de la charge est égal à $I/N \rightarrow$ annulation des courants dans T2 $\rightarrow V_r=0$

+ V_i est disponible au secondaire de T1

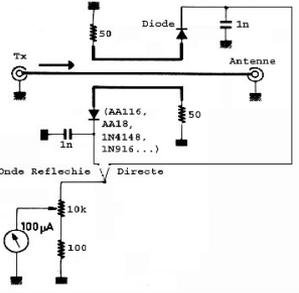
Avec une dé-adaptation

+le courant du secondaire de T1 ne compense plus celui de T2 $\rightarrow V_r$ différent de zéro

+Les courants générés par les 2 secondaires s'ajoutent au secondaire de T1 $\rightarrow V_i$

La ligne couplée a sa propre impédance caractéristique. Elle doit être chargée par cette impédance pour que la mesure soit valide

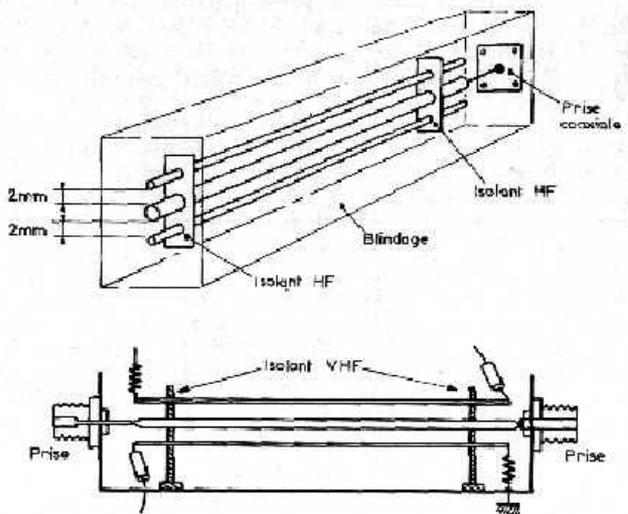
La ligne principale du coupleur fait partie du système de transmission et doit avoir une impédance caractéristique égale à celle de la ligne extérieure



Famille de coupleurs 3

Vincidente

Tension incidente
+
Courant réfléchi



Tension incidente
-
Courant réfléchi

Vréfléchie

Chaque ligne secondaire développe une tension par couplage galvanique et un courant par couplage magnétique

Selon le sens de couplage on retrouve la somme ou la différence des 2 signaux

Les résistances de charge sur les lignes secondaires sont choisies pour que la tension développée par couplage magnétique égale la tension développée par couplage galvanique

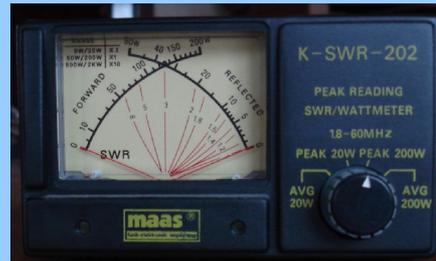
Les lignes de couplage doivent être TRES COURTES devant la longueur d'onde

ATTENTION: La sensibilité varie en fonction de la fréquence

Les lignes couplées ont leur propre impédance caractéristique. Elles doivent être chargées par cette impédance pour que la mesure soit valide

La ligne principale du coupleur fait partie du système de transmission et doit avoir une impédance caractéristique égale à celle de la ligne extérieure

Exemples de réalisations



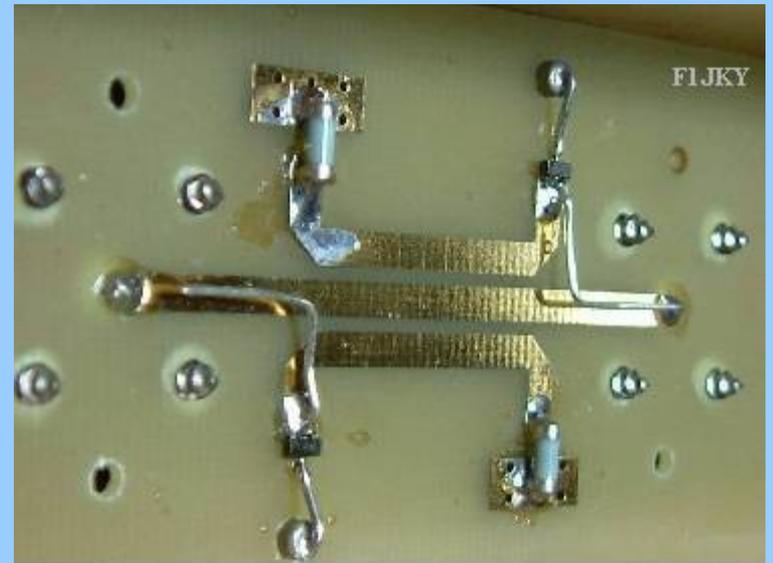
Ros-mètre 23cm by F5LJGJ



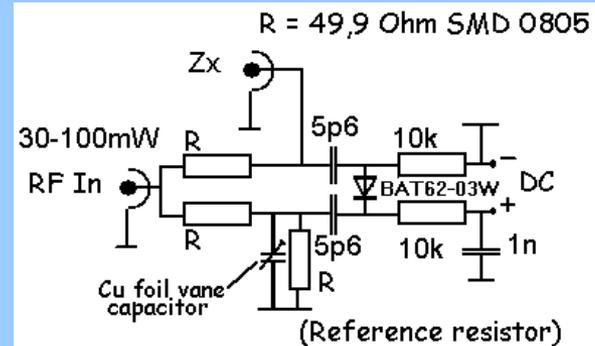
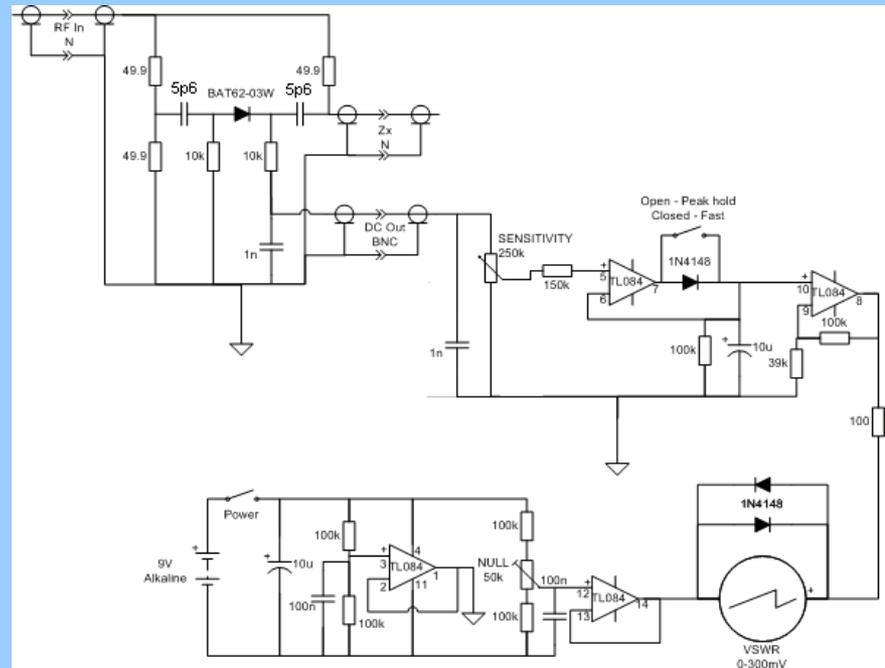
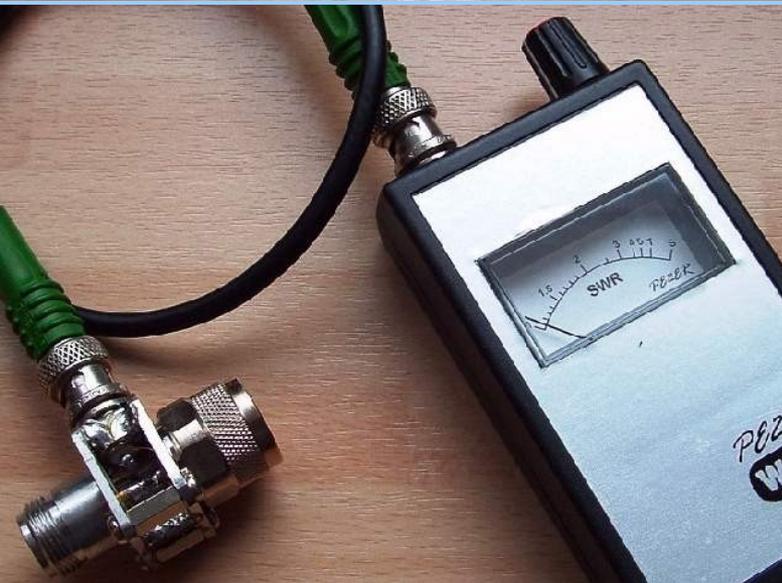
LARGEUR 5,2 cm

Epoxy Double Face 0,8mm - cuivre argenté

Modèle réalisé par F1JKY



Exemple de réalisation VHF -> SHF



Formulaire

$$R = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c}$$

$$R = \frac{V_{\text{réfléchi}}}{V_{\text{incident}}}$$

$$R^2 = \frac{P_{\text{réfléchi}}}{P_{\text{incident}}}$$

$$ROS = \frac{1 + |R|}{1 - |R|}$$

$$ROS = \left| \frac{V_{\text{stationnaire max}}}{V_{\text{stationnaire min}}} \right|$$

$$ROS = \left| \frac{V_{\text{incident}} + V_{\text{réfléchi}}}{V_{\text{incident}} - V_{\text{réfléchi}}} \right|$$

$$ROS = \frac{Z_r}{Z_c}$$

$$\text{Return Loss} = -10 \cdot \log \left(\frac{P_{\text{réfléchi}}}{P_{\text{incidente}}} \right)$$

$$\text{Return Loss} = -20 \cdot \log \left(\frac{V_{\text{réfléchi}}}{V_{\text{incidente}}} \right)$$

$$\text{Return Loss} = -20 \cdot \log R$$

Bibliographie

Understanding SWR by example	K5DVW	QEX nov-dec 2006
Another look at reflections	W2DU	QST aout 1973
Guide radioamateur 1985	F5SM+F9AF	Editions SMR
Réalisation d'un mesureur d'ondes stationnaires	F3LG	Radio REF avril 1967
ROS coefficient de reflexion coupleurs directifs	F8MK	Radio REF juillet 1975
Réfectomètre-wattmètre pour HF	ON4TY	Radio REF avril 1983
ROS mètre à lecture directe	F9RP	Radio REF sept 1983
Un wattmètre 50-500MHz pour 100Frs	F1PCS	Radio REF nov 2001
ROS-wattmètre QRP	F9RP	Radio REF nov 2002
Fonctionnement du ROS mètre	F5NB	Radio REF mars 2003
Le ROS mètre HF ,thème et variations	F5NB	Radio REF dec 2003
Wattmètre 1.8-200MHz	F5NGZ	Radio REF oct 2004
Puissance PEP et puissance moyenne	F5NB	Radio REF nov 2007

Sites infos

<http://www.microwave101.com/>

Informations techniques générales

<http://pagesperso-orange.fr/f5zv/RADIO/RM/RM07/RM07.html>

ROS etc...

<http://n2pk.com/RLPmtr/RLPv1c.pdf>

Description ROS+RTL metre de précision

<http://www.google.fr/search?hl=fr&q=lignes+ferm%C3%A9es+sur+une+charge+insa&btnG=Rechercher&meta=>

Logiciels de calcul ou simulation

<http://www.bessernet.com/Ereflecto/tutorialFrameset.htm> Calculateur ROS,coeff relexion,applet

<http://www.giangrandi.ch/electronics/anttool/swr.html> Conversions ROS, Return Loss, Coeff reflexion

<http://www.amanogawa.com/> Lignes de transmissions,EMC, Ondes electromagnetiques, abaqes smith ,applets

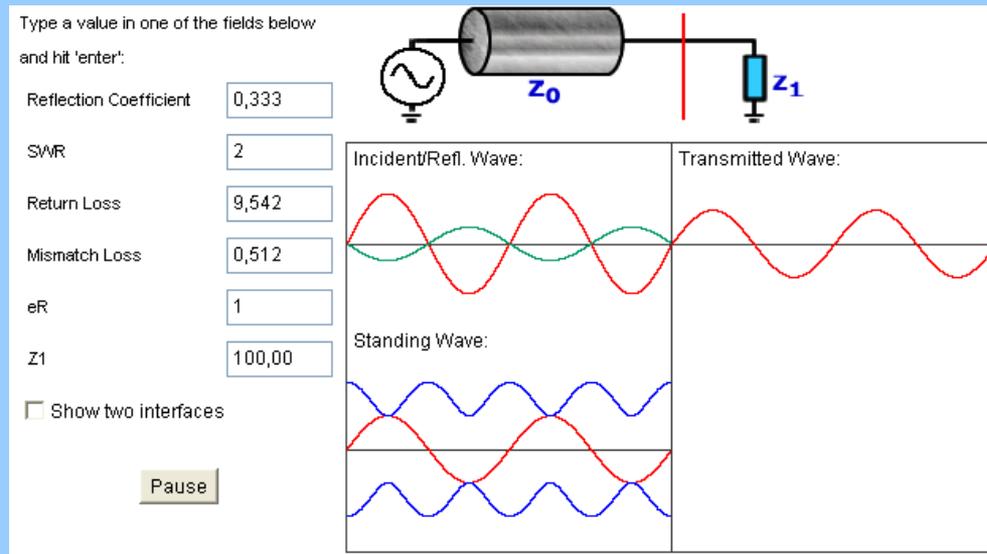
<http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/index.php?board=3.0> Applets sur les ondes (supperposition etc...)

C'est fini!

Merci de votre attention !



Applet pour WIN98



Retour Ondes Directes/Réfléchies/Transmises

Retour En résumé

Retour Coefficient de réflexion