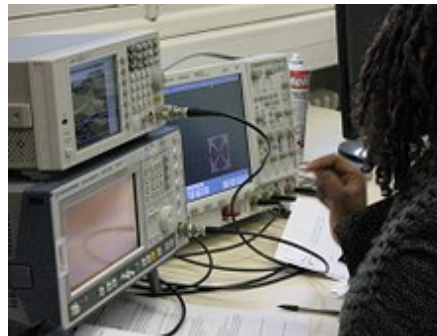


Mesures en hyperfréquences



Caractérisation de composant RF
Paramètres S

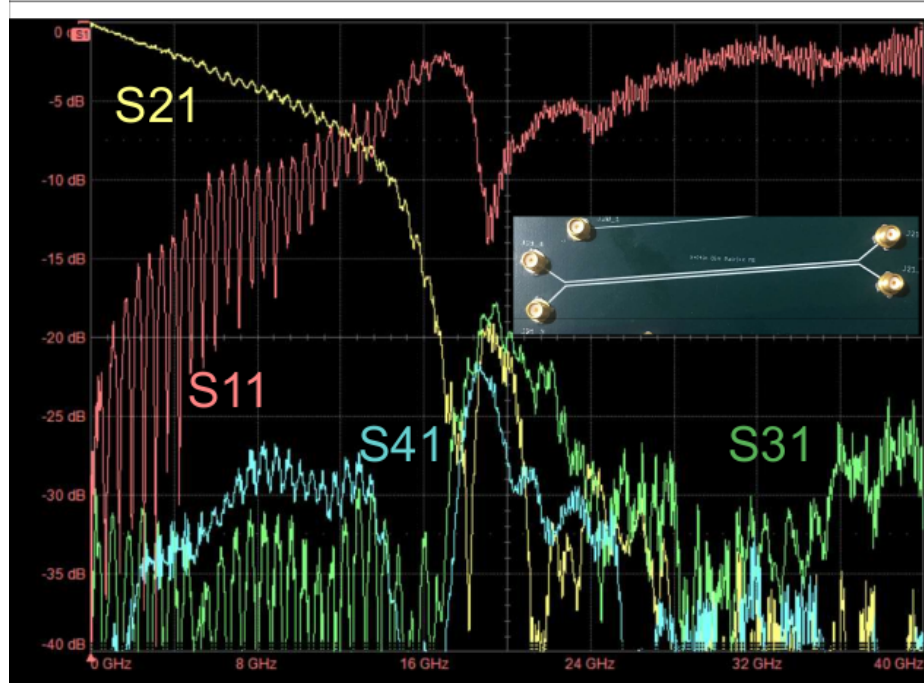
Franck Daout
fdaout@parisnanterre.fr

<https://cva-geii.parisnanterre.fr/>

CFD - Bourges

Pour analyser le fonctionnement des composants RF

Many Specs Are Written in Terms of the Frequency Domain S-Parameters



- But S-Parameters are confusing:
 - What do these plots mean?
 - Why do they look this way?
 - What physical features of the interconnect influence each S-parameter feature?
 - How do we make sense of all this data?
 - Why are they so confusing?

Pour analyser le fonctionnement des composants RF

- Caractérise le fonctionnement linéaire du composant → modèle électrique

H-parameters

$$V_1 = h_{11}I_1 + h_{12}V_2$$

$$I_2 = h_{21}I_1 + h_{22}V_2$$

Y-parameters

$$I_1 = y_{11}V_1 + y_{12}V_2$$

$$I_2 = y_{21}V_1 + y_{22}V_2$$

Z-parameters

$$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$$

$$V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$$

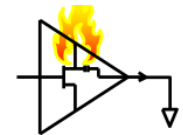


$$h_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{V_2=0}$$

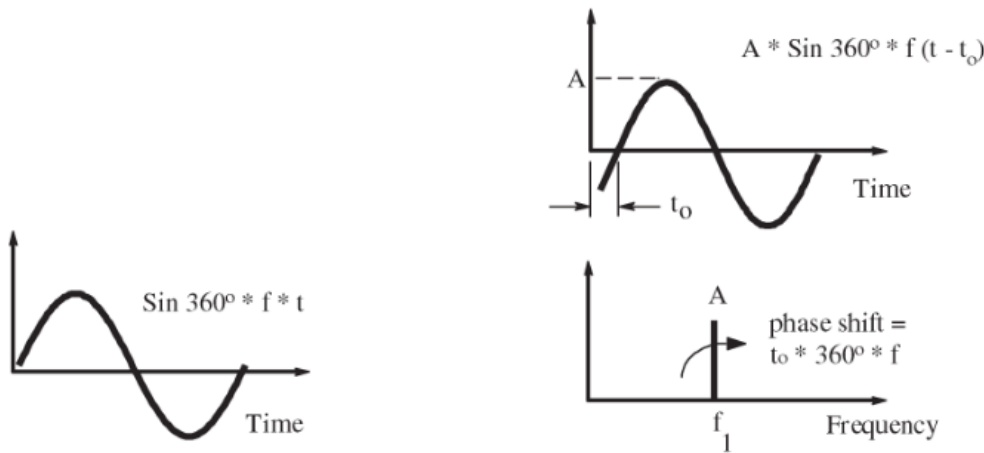
Nécessite un court-circuit

$$h_{12} = \left. \frac{V_1}{V_2} \right|_{I_1=0}$$

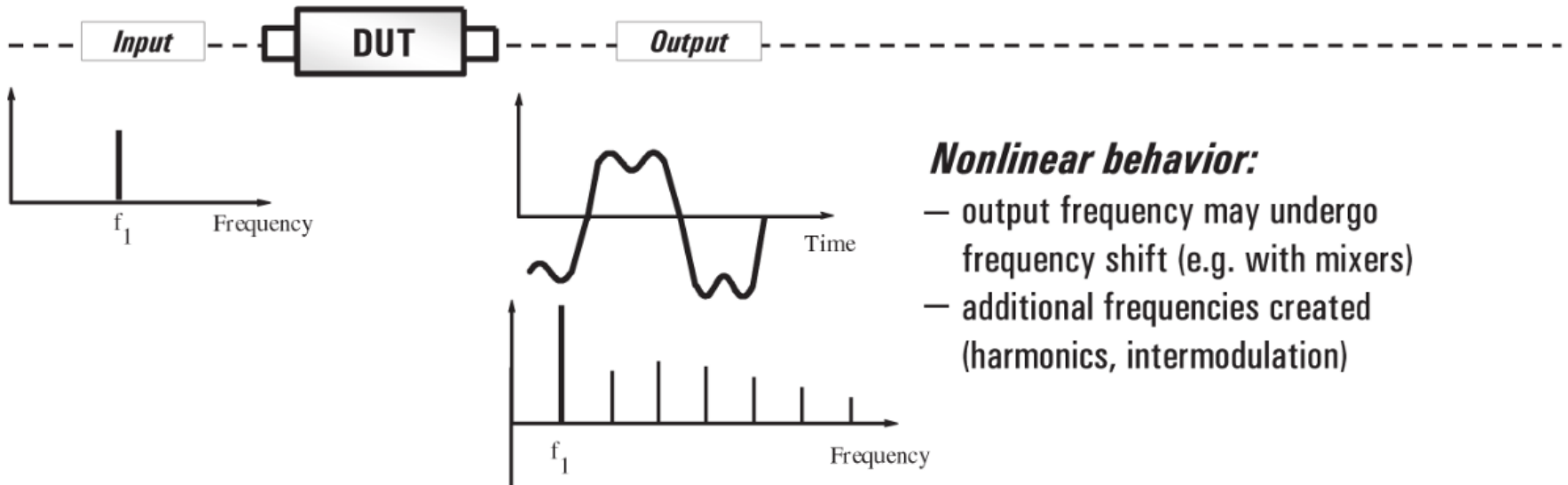
Nécessite un circuit ouvert



Composant linéaire

**Linear behavior:**

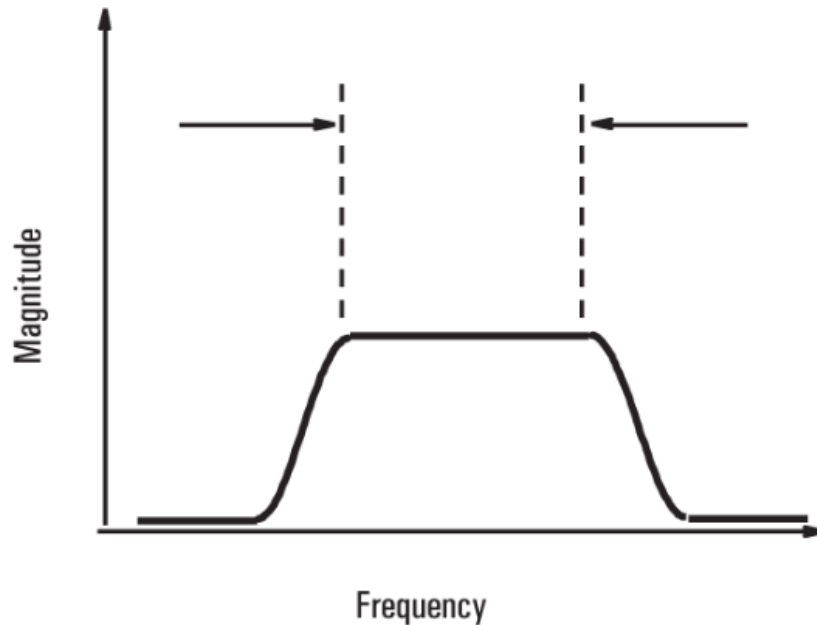
- input and output frequencies are the same (no additional frequencies created)
- output frequency only undergoes magnitude and phase change

**Nonlinear behavior:**

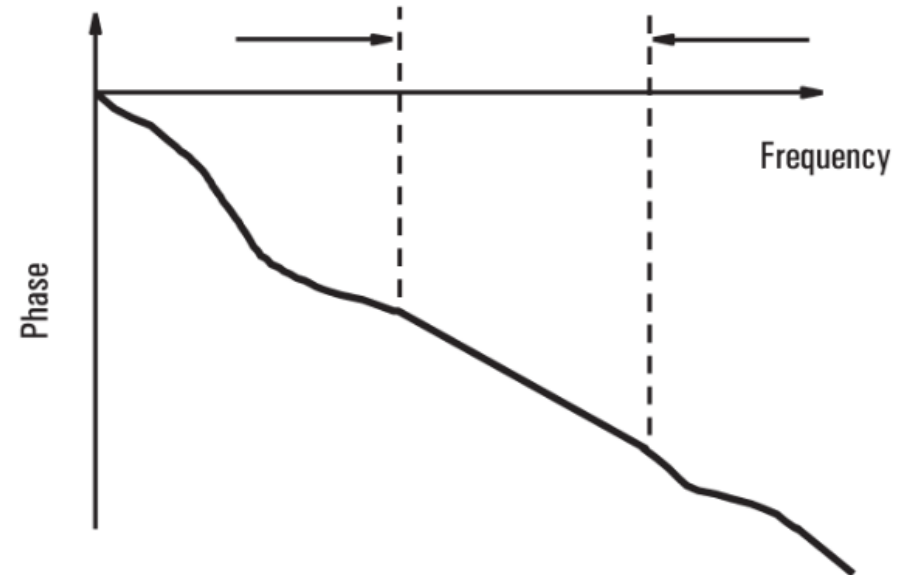
- output frequency may undergo frequency shift (e.g. with mixers)
- additional frequencies created (harmonics, intermodulation)

Circuit linéaire : Critères pour une transmission sans distorsion

Constant amplitude over bandwidth
of interest

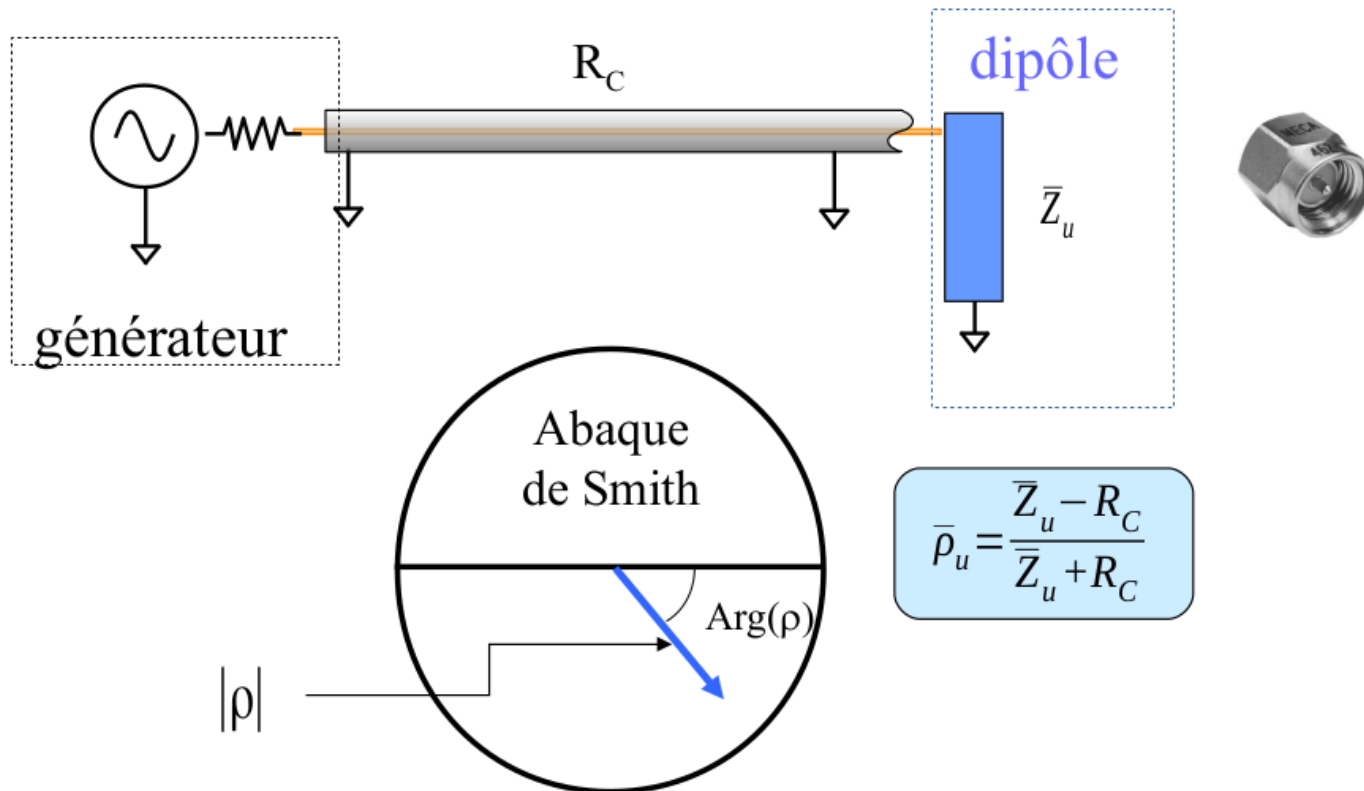


Linear phase over
bandwidth of interest



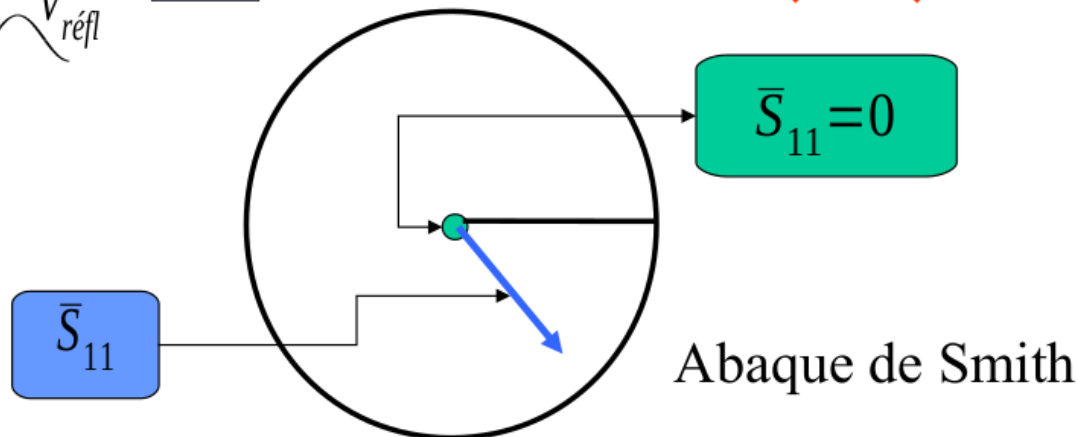
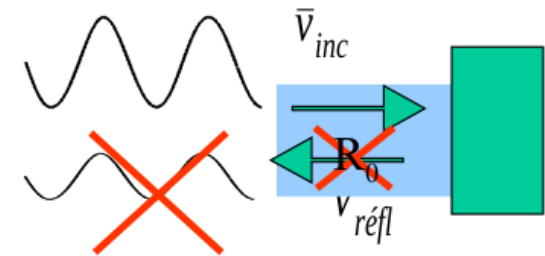
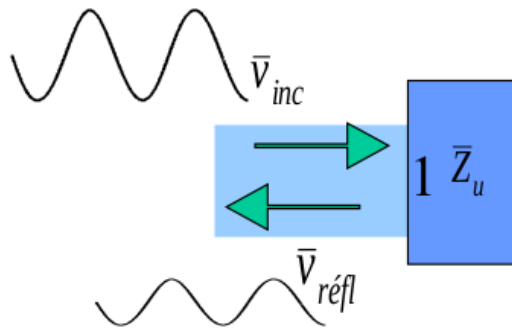
Dipôle : 1 port = une seule connexion

Facteur de réflexion par rapport à la résistance caractéristique R_C d'une ligne



Paramètre S d'un dipôle : Facteur de réflexion par rapport à une charge de référence R_0

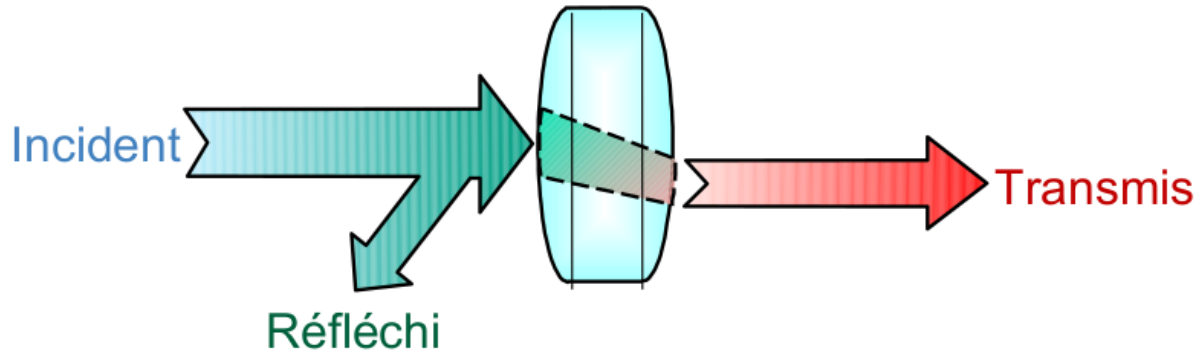
$$\bar{S}_{11} = \frac{\bar{Z}_u - R_0}{\bar{Z}_u + R_0}$$



$$\bar{S}_{11} = 0$$

Composant à 2 ports : analogie optique

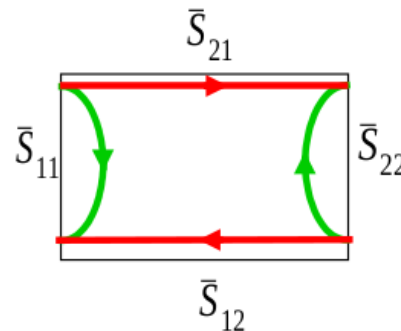
Optique



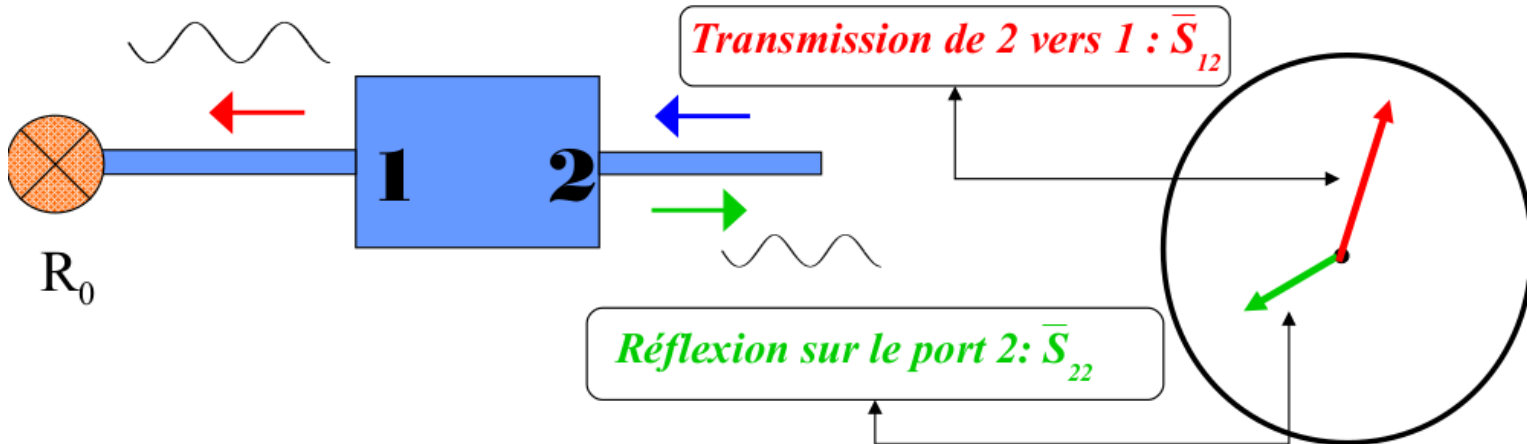
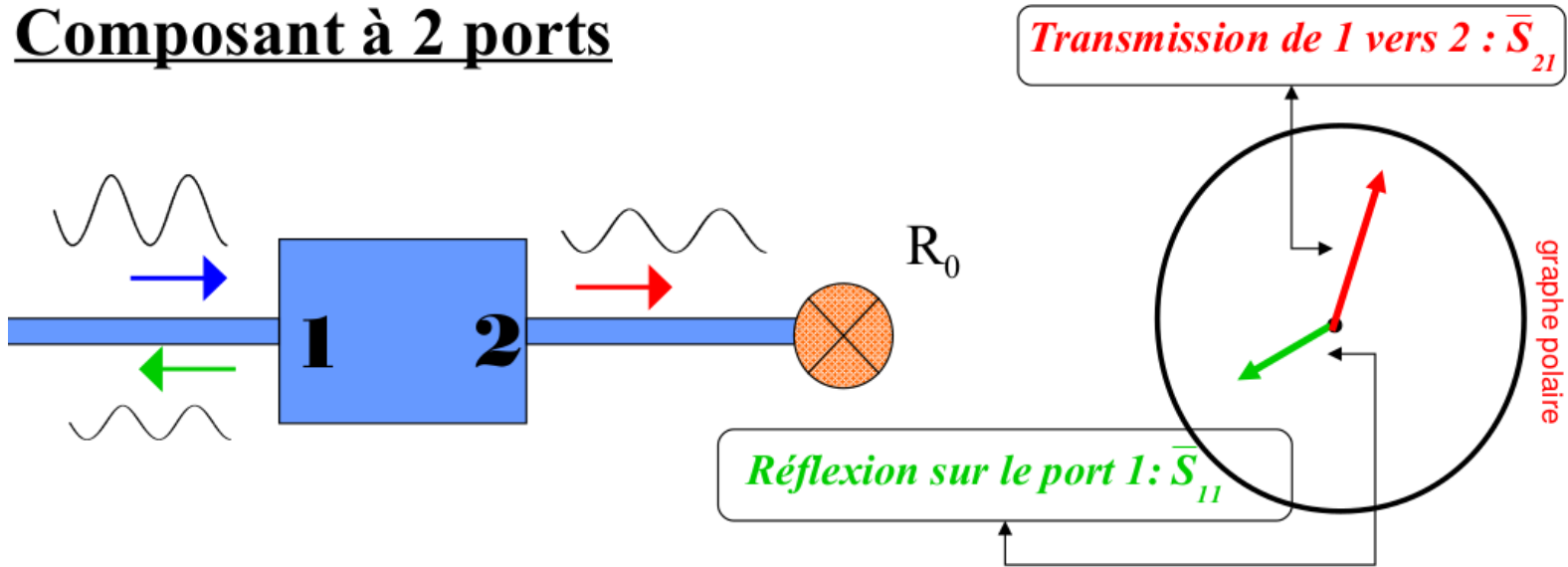
Hyperfréquences



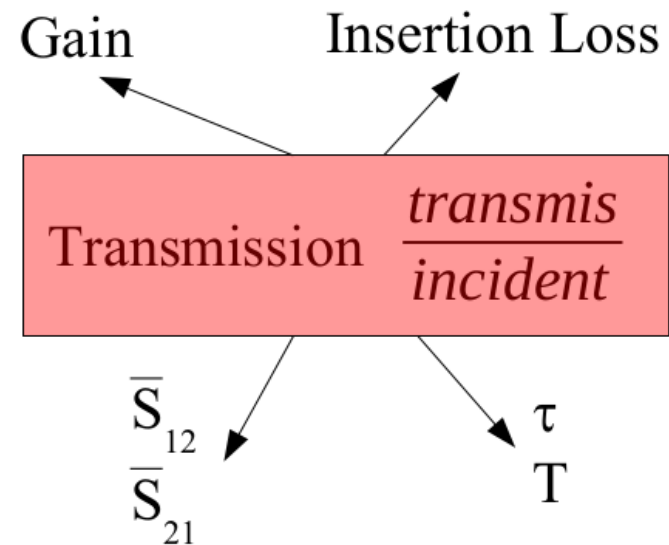
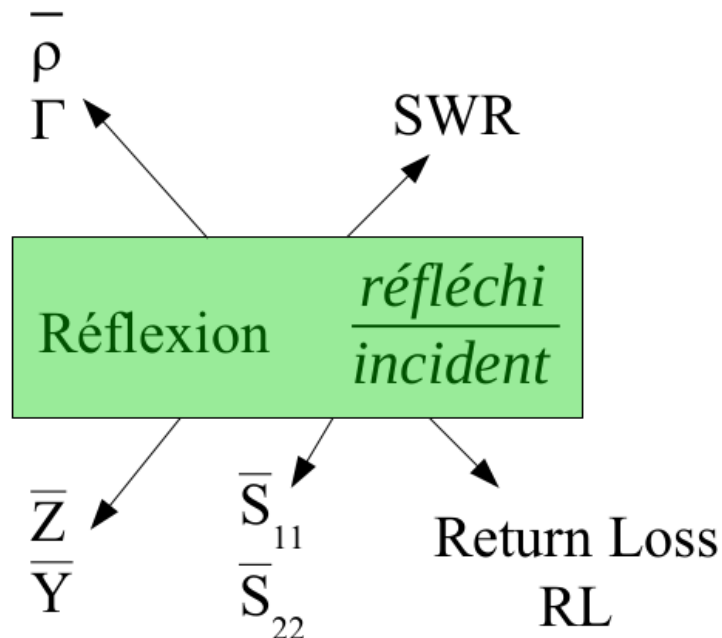
représentation symbolique



Composant à 2 ports



Composant à 2 ports



Définitions & rappels

Coefficient de réflexion en tension

$$\bar{\rho} = |\rho| e^{j\theta} = |S_{ii}| e^{j\theta}$$

Coefficient de réflexion en puissance

$$\Gamma = \frac{\text{puissance réfléchie}}{\text{puissance incidente}} = |\rho|^2 = |S_{ii}|^2$$

Coefficient de transmission en tension

$$\bar{\tau} = |\tau| e^{j\varphi} = |S_{ij}| e^{j\varphi}$$

Coefficient de transmission en puissance

$$T = \frac{\text{puissance transmise}}{\text{puissance incidente}} = |S_{ij}|^2$$

Si milieu sans perte : $\Gamma + T = 1$ soit $|S_{11}|^2 + |S_{21}|^2 = 1$

Pertes par réflexion

$$RL = -10 \log(\Gamma) = -20 \log(|S_{ii}|)$$

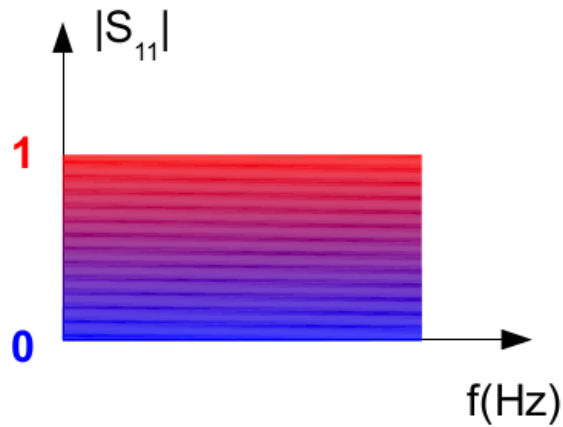
Pertes d'insertion

$$IL = -10 \log(T) = -20 \log(|S_{ij}|)$$

Gain

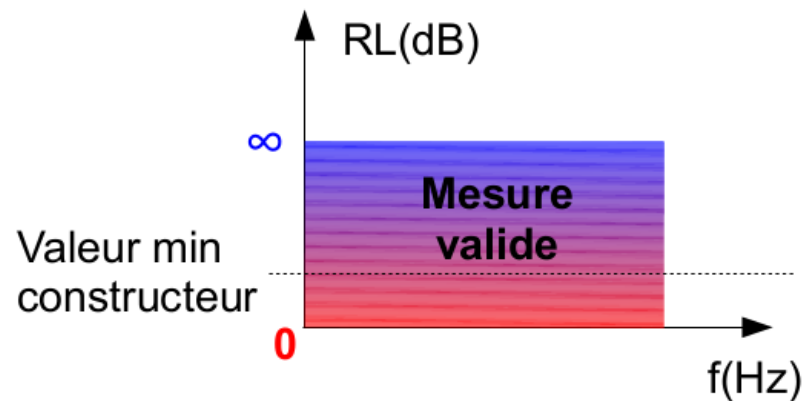
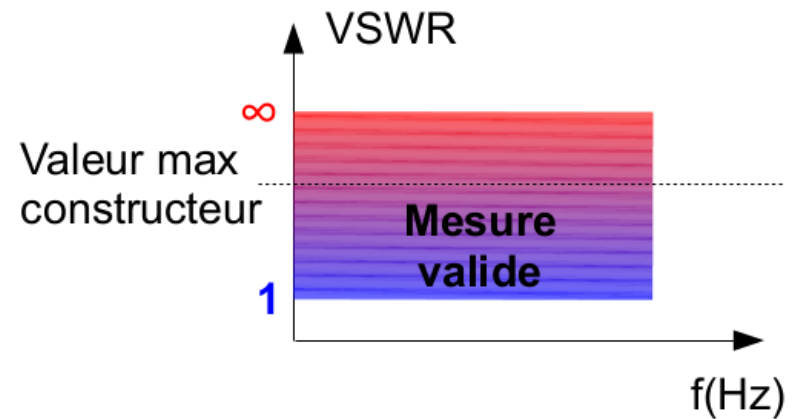
$$G = 10 \log(T) = 20 \log(|S_{ij}|)$$

Paramètres de réflexion



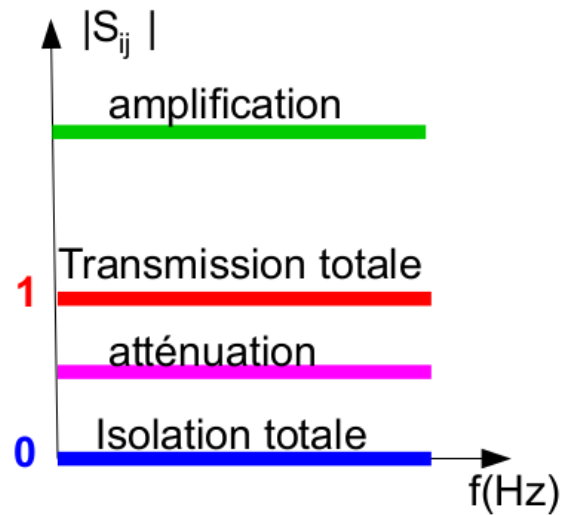
$$RL = -20 \log(|S_{11}|)$$

$$VSWR = \frac{1+|S_{11}|}{1-|S_{11}|}$$



$$P_{ref} = P_{inc} - RL$$

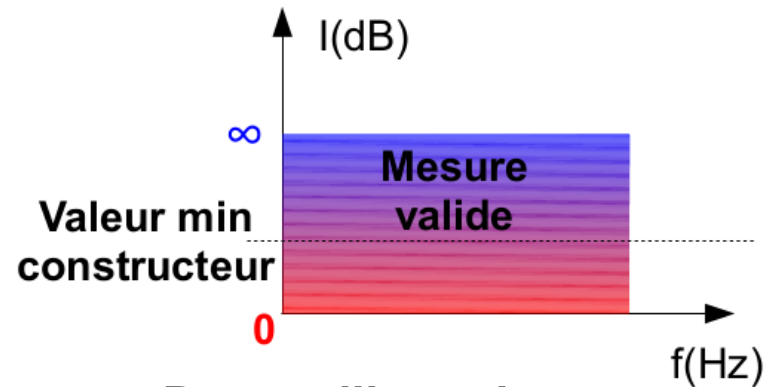
Paramètres de transmission



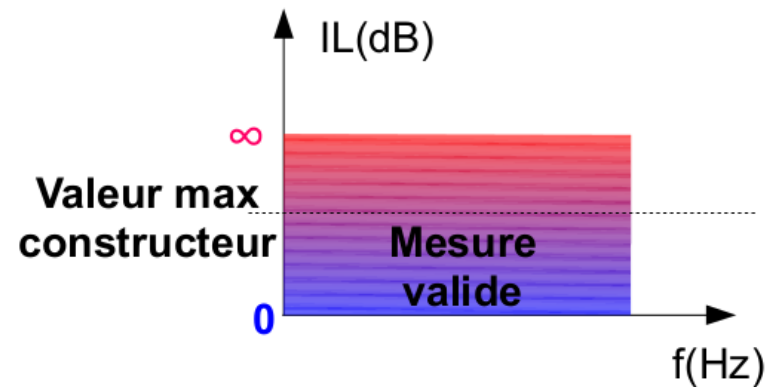
$$I = -20 \log(|S_{12}|)$$

$$IL = -20 \log(|S_{21}|)$$

Isolation



Pertes d'insertion



Quelques précautions



- Attention au **plan de référence**
 - DUT + lignes de transmission + connecteurs ?
- Attention à la **notation**
 - $S_{out\ in}$ pas $S_{in\ out}$
- Attention à la **numérotation des ports**
 - Pas de convention pour donner un N° de port → indiquer par un schéma votre convention
- Attention à ne pas confondre :
 - **Return loss** (lié à S_{11}) et **Insertion loss** (S_{21}, S_{12})
- Attention à la définition de S en dB :
 - $S_{dB} = 20 \log(|S|)$