



## M2-S1-Télécom option Systèmes de Télécoms

**Janvier 2018**

**Matière:** TS922-Partie I : Composants passifs microondes

Examen

**Durée :** 1H

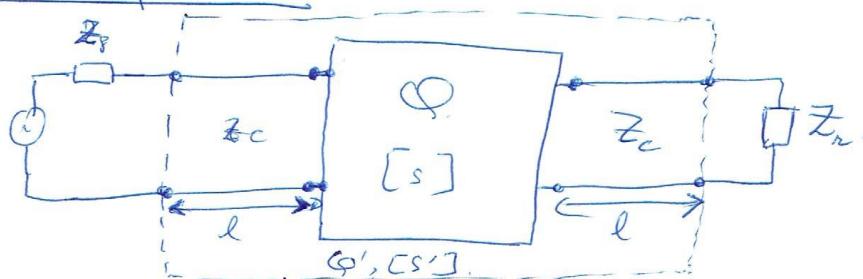
**Problème:**

Considérons un quadripôle linéaire caractérisé par sa matrice [S]. Nous supposons que ce quadripôle est unilatéral ( $S_{12} \approx 0$ ). Ce quadripôle est relié d'une part à une source d'impédance interne  $Z_g$  et d'autre part à une charge  $Z_r$ , par l'intermédiaire de deux tronçons de ligne sans pertes, caractérisé chacun par une longueur L et une impédance caractéristique  $Z_c$ .

- 1/ Calculer les termes de la matrice [S'] du dispositif formé par le quadripôle et les deux tronçons de lignes. Schématiser à l'aide d'un graphe de fluence ce circuit, lorsque seul le générateur est adapté au tronçon de ligne d'entrée.
- 2/ Calculer la puissance utile P transmise à la charge, en fonction des paramètres S, de la puissance  $|a_1|^2$  délivrée par le générateur et du coefficient de réflexion  $\tau_r$  au niveau de la charge.
- 3/ On appelle gain en puissance composite ou gain transducique, le rapport de la puissance utile P transmise à la charge sur la puissance maximale que le générateur peut délivrer s'il est adapté à la ligne d'entrée. Calculer ce gain G en fonction des paramètres S et du coefficient de réflexion  $\tau_r$  de la charge.
- 4/ Montrer que G peut se mettre sous la forme  $G = G_0 \times G_2$ ;  $G_0$  est le gain interne traduisant le transfert d'énergie à l'intérieur du quadripôle;  $G_2$  est le gain en puissance entre la charge et la sortie du quadripôle.
- 5/ A 500MHz, on a trouvé pour le dispositif formé par le quadripôle et les deux tronçons de ligne, caractérisé chacun par une longueur L et une impédance caractéristique  $Z_c = 50\Omega$ ;  
 $S_{11} = 0,7\exp(-j\pi/2)$  ;  $S_{21} = 2$  ;  $S_{22} = 0,7\exp(-j\pi/2)$  ;  $S_{12} \approx 0$ .
  - a/ Calculer  $G_{max}$
  - b/ Calculer ce gain dans le cas où la charge est adaptée au tronçon de ligne assurant sa liaison au quadripôle. Quelle conclusion tirez-vous?



Solution du problème :



1/ Le quadripôle est représenté par la matrice  $[S] = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} \\ s_{21} & s_{22} \end{bmatrix}$

La matrice  $[S']$  du quadripôle fourni par le dispositif  $\mathcal{Q}$  et les deux transverses se lient de longueur  $l$  et d'impédance caractéristique  $Z_c$ , avec  $\psi_1 = \beta l = -\beta |l|$ ;  $\psi_2 = \beta l = -\beta |l|$

$$[S'] = \begin{bmatrix} s_{11} e^{j\psi_1} & s_{12} e^{j(\psi_1 + \psi_2)} \\ s_{21} e^{j(\psi_1 + \psi_2)} & s_{22} e^{j\psi_2} \end{bmatrix}.$$

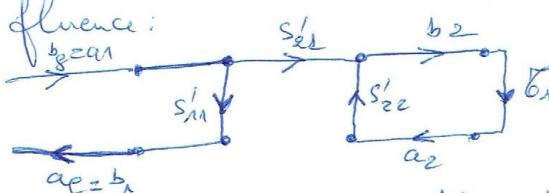
$$\text{avec } \psi_1 = \beta l = -\beta |l|; \quad \psi_2 = \beta l = -\beta |l|$$

$$\Rightarrow \psi_1 = \psi_2 = \psi = -\beta |l|$$

$$\Rightarrow [S'] = \begin{bmatrix} s_{11} e^{j\psi} & s_{12} e^{j2\psi} \\ s_{21} e^{j2\psi} & s_{22} e^{j\psi} \end{bmatrix}.$$

$$\text{or } s_{12} \approx 0 \Rightarrow [S'] = \begin{bmatrix} s_{11} e^{j\psi} & 0 \\ s_{21} e^{j2\psi} & s_{22} e^{j\psi} \end{bmatrix}.$$

Graphe de fluence :



\* La charge représente un coefficient de réflexion  $\alpha_2 = \frac{Z_r - Z_c}{Z_r + Z_c} = \frac{a_2}{b_2}$

\* Le générateur est adapté à la ligne d'entrée d'impédance  $Z_c$ , donc

$$Z_g = Z_c \Rightarrow \beta_g = \frac{Z_g - Z_c}{Z_g + Z_c} = \frac{a_g}{b_g} = 0$$



2) Calcul de la puissance utile transmise à la charge.

$$P = |b_2|^2 - |\alpha_2|^2 = |b_2|^2 \left(1 - \frac{|\alpha_2|^2}{|b_2|^2}\right) = |b_2|^2 (1 - \beta_2)$$

A partir du graphe de fluence, on a :

$$b_2 = s'_{21} \alpha_1 + s'_{22} \alpha_2 \quad \text{or} \quad \alpha_2 = \beta_2 b_2$$

$$\Rightarrow b_2 = s'_{22} \beta_2 b_2 = s'_{22} \alpha_2$$

$$\Rightarrow b_2 = \frac{s'_{21} \alpha_1}{1 - s'_{22} \beta_2}$$

$$\text{or} \quad \alpha_2 = b_2 \quad \text{car} \quad \beta_2 = 0$$

$$\Rightarrow |b_2|^2 = \frac{|s'_{21}|^2 |b_2|^2}{|1 - s'_{22} \beta_2|^2} = \frac{|s'_{21}|^2 |\alpha_1|^2}{|1 - s'_{22} \beta_2|^2}$$

avec  $P_a = |b_2|^2 = |\alpha_1|^2 =$  la puissance maximale que le générateur peut délivrer si il est adapté.

Donc la puissance utile transmise à la charge est

$$P = \frac{|\alpha_1|^2 (1 - \beta_2)^2 |s'_{21}|^2}{|1 - s'_{22} \beta_2|^2}$$

3) Le gain composite ou transductique en dB

$$G_r = \frac{P}{|b_2|^2} = \frac{P}{|\alpha_1|^2} = \frac{|s'_{21}|^2 (1 - \beta_2)^2}{|1 - s'_{22} \beta_2|^2}$$



4/ Le gain peut se mettre sous la forme:  $G = G_0 \times G_2$ .

tel que  $G_0 = |S_{21}^1|^2$  = gain interne traduisant le transfert d'énergie à l'intérieur du quadripôle Q'.

et  $G_2 = \frac{(1 - |\mathcal{G}_2|^2)}{|1 - S_{22}' \mathcal{G}_2|^2}$  traduisant le gain à la sortie du quadripôle Q'.

$G_{\text{max}}$  est obtenu lorsqu'il y'a adaptation parfaite à la sortie du quadripôle, c.-à-d.  $\mathcal{G}_2 = S_{22}'^*$ .

$$\Rightarrow G_{\text{max}} = \frac{1}{(1 - |S_{22}'|^2)}$$

$$5/ D'où G_{\text{max}} = G_0 \times G_{\text{max}} = |S_{21}^1|^2 \cdot \frac{1}{(1 - |S_{22}'|^2)}$$

a) A.N.  $G_{\text{max}} = 4 \cdot \frac{1}{1 - 0,5} = \frac{4}{0,5} = 8$ .

$$\Rightarrow G_{\text{max}} \approx 9 \text{ dB}$$

b) Dans le cas où le générateur et la charge sont adaptés aux tronçons de lignes d'impédance  $z_c$ , on a  $\mathcal{G}_g = \mathcal{G}_c = \infty \Rightarrow G_2 = 1$

D'où  $G_{\text{max}} = 4 \Rightarrow G_{\text{max}} = 6 \text{ dB}$ .

Conclusion: On constate des applications numériques (a) et (b) que le gain en présence d'adaptation du générateur et la charge aux tronçons de ligne est inférieur à celui donné par l'adaptation du générateur et la charge au quadripôle. La meilleure adaptation va celle donnant le gain maximum.