

**CONTROLE DE CONNAISSANCES 2011/2012 des
Etudiants 2^{ème} année (EI2)
6 Janvier 2014**

**PHY4001 Contrôle final 1 – Durée : 1h30
Coordonnateur : Muller Muriel**

Document (Fascicule bleu donné en cours) et Calculatrices autorisés

NOM :

Prénom :

Remarques

- Répondre impérativement dans l'espace prévu pour chaque question.
- Donner l'expression littérale du résultat avant de passer à l'application numérique.
- Clairement indiquer au début de l'application numérique, quelles valeurs sont utilisées en lieu et place des variables littérales.

Exercice 1

La matrice S d'un coupleur directif idéal, définit par rapport à l'impédance de référence Z_0 , s'écrit :

$$\begin{bmatrix} 0 & \beta & 0 & \alpha \\ \beta & 0 & \alpha & 0 \\ 0 & \alpha & 0 & \beta \\ \alpha & 0 & \beta & 0 \end{bmatrix}$$

Avec $\alpha = j.\sin\varphi$ et $\beta = \cos\varphi$

Déterminez φ pour que le couplage soit respectivement de 5dB et de 10 dB.
Donnez un schéma avec accès numérotés du coupleur illustrant votre solution et détaillez.

Le couplage d'après le cours à pour expression :

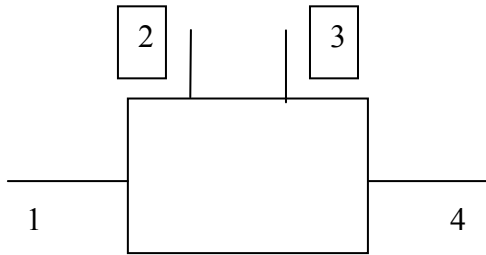
$$C_{dB} = 20.\log|\alpha| = 20.\log|\beta| = - 5 \text{ dB ou } -10\text{dB}$$

Donc on trouve que $\varphi =$ ° et respectivement $\varphi =$ °

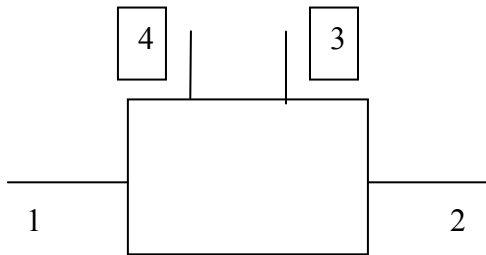
Le coupleur se dessine selon le cas :

$$\text{avec } S_{13} = S_{31} = 0 \text{ et } S_{24} = S_{42} = 0$$

- si β est le paramètre désignant le couplage,



- si α est le paramètre désignant le couplage,



Exercice 2

On considère la jonction définie par la matrice S suivante, relativement à une impédance Z_0

$$\begin{bmatrix} 0,09 & 0 \\ 3.\exp(j\pi/2) & 0,09 \end{bmatrix}$$

Justifiez vos réponses.

- Quel type de dispositif cette matrice peut-elle caractériser ?

Amplificateur $|S_{21}| > 1$

- Est-il adapté à ses accès ?

Non S_{ii} différent de 0.

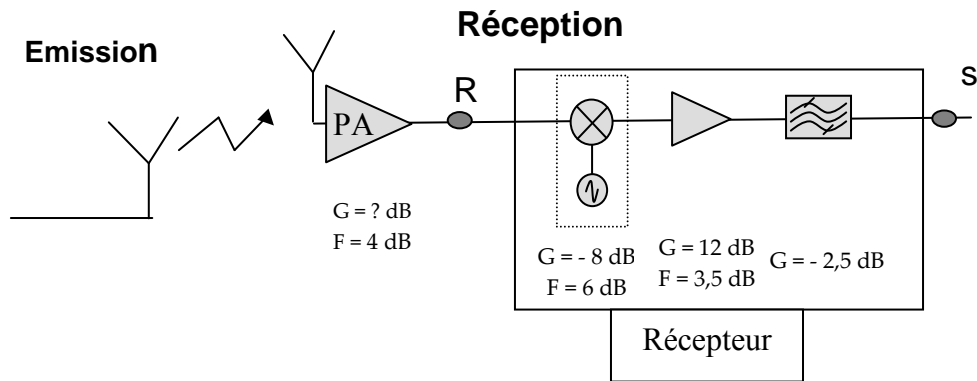
- Est-il réciproque ?

Non S_{ij} différent de S_{ji}

- Que représente le terme nul de la matrice ?

L'unilatéralité du composant.

Exercice 3



On veut réaliser un système de télécommunication qui fonctionne à la fréquence f_1 de 3,542 GHz. Ce système doit fonctionner pour une distance de 120m.

La puissance d'émission est de 55 mW.

La surface effective S_e des antennes (émission et réception) est de 10cm². Rappel :

$$G_{\text{antenne}} = \frac{4\pi S_e}{\lambda^2}$$

A) Calculer le bilan de liaison pour ce système.

Calcul du bilan de propagation pour telecom

$c=3e8$; % Vitesse de la lumière, en m/s.

$P_e=55e-3$; % Puissance du signal émis, en W.

$f_1=3.542e9$; % Fréquence du signal utile F1, en Hz.

$D=120$; % Distance Tx - Rx, en m.

$\text{longueurONDE}=c/f_1$;

$K=1.38e-23$;

$T=290$;

$B=85e6$; % Bande du système, en Hz.

Gain de l'antenne de réception :

$G_{e_lin}=4\pi \cdot 0.1^2 / \text{longueurONDE}^2$

$G_{e_db}=10 \cdot \log_{10}(G_{e_lin})$

Atténuation du canal :

$A=4\pi \cdot D / \text{longueurONDE}$;

Puissance reçue après l'antenne de réception :

$Pr_W = P_e \cdot G_{e_lin} \cdot G_{e_lin} / (A \cdot A)$

$Pr_dbW=10 \cdot \log_{10}(Pr_W)$;

$Pr_dbm=Pr_dbW+30$

Applications numériques :

$G_{e_lin} = 17.5172$

$G_{e_db} = 12.4346 \text{ dB}$

$Pr_W = 5.3242e-8 \text{ W}$

$Pr_dbm = -42.7375 \text{ dBm}$

B) Quelle est la valeur du gain du premier amplificateur (préamplificateur noté PA) pour que la valeur de la puissance au point R soit égale à - 30 dBm ?

$$P_s_ampli_dBm = - 30 ;$$

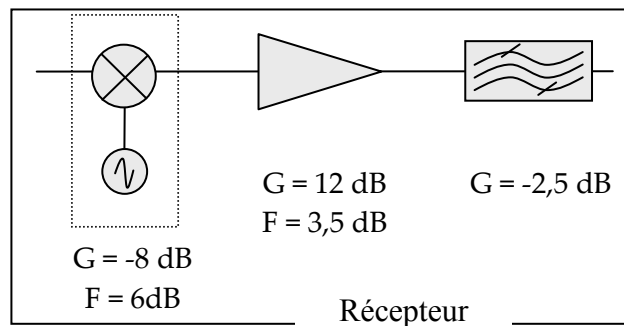
$$P_e_ampli_dBm = P_r_dbm ;$$

$$G_ampli_dB = P_s_ampli_dBm - P_e_ampli_dBm$$

$$AN : G_ampli_dB = 12.7375 \text{ dB}$$

Exercice 4

A) Calculer le facteur de bruit de la chaîne constituant le récepteur.
Les composants sont respectivement un mélangeur, un amplificateur et un filtre passif.



Le filtre est un composant passif on déduit son facteur de bruit comme vu en cours.
 $F_1=10^{(6/10)}$; $G_1=10^{(-8/10)}$; $F_2=10^{(3.5/10)}$; $G_2=10^{(12/10)}$; $F_3=10^{(2.5/10)}$;
 $G_3=10^{(-2.5/10)}$;
 On appliqué la formule de Friis

$$F_{bruit}=F_1+((F_2-1)/G_1)+((F_3-1)/(G_1*G_2));$$

$$F_{bruit_db}=10*\log_{10}(F_{bruit})$$

$$F_{bruit_db} = 10.8303 \text{ dB}$$

B) Que pouvons-nous faire pour améliorer le facteur de bruit de cette chaîne récepteur?

Utiliser en analysant la formule de Friis et donc ordonner les composants afin de réduire le facteur de bruit... On proposera donc Ampli + mix + filt car

Quel sera alors le facteur de bruit ?

Dans ce cas nous pouvons réécrire la formule de Friis en considérant:

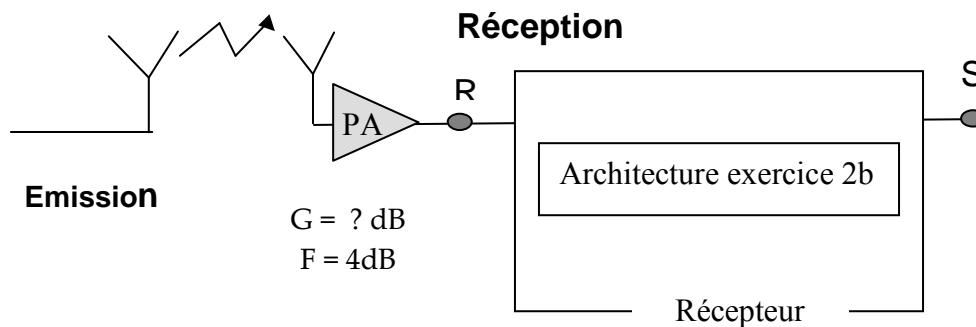
$$F_1=10^{(3.5/10)}$$
; $G_1=10^{(12/10)}$; $F_2=10^{(6/10)}$; $G_2=10^{(-8/10)}$; $F_3=10^{(2.5/10)}$;
 $G_3=10^{(-2.5/10)}$;
 $F_{bruit}=F_1+((F_2-1)/G_1)+((F_3-1)/(G_1*G_2));$ $F_{bruit_db}=10*\log_{10}(F_{bruit})$

$$F_{bruit_db} = 4.3722 \text{ db}$$

Exercice 5

Le système de cet exercice correspond au meilleur cas d'architecture déterminée dans la question précédente (exercice 2B), la valeur du gain de l'amplificateur PA étant celle calculée dans l'exercice 1 B.

On considère ici que la puissance à l'entrée de l'amplificateur PA pour la fréquence $f_1 = 3,542$ GHz est égale à $P_{F1} = -5$ dBm.



A) Calculer le rapport signal à bruit obtenu au point R de ce système, sachant que nous travaillons dans une bande passante B de 85 MHz centrée autour de 3,542 GHz.

Puissance du signal utile:

$P_{ef1dbm} = -5$;

$P_{ef1} = (10^{(P_{ef1dbm}/10)})/1000$;

% Puissance de bruit à l'entrée de l'ampli :

$N_{in_W} = k \cdot T \cdot B$;

% Rapport signal à bruit à l'entrée de l'ampli :

$SNR_{in} = P_{ef1} / N_{in_W}$;

$SNR_{in_db} = 10 \cdot \log_{10}(SNR_{in})$

% Rapport signal à bruit à la sortie de l'ampli :

$F_{pa} = 10^{(4/10)}$;

$SNR_{enR} = SNR_{in} / F_{pa}$;

$SNR_{enRdb} = 10 \cdot \log_{10}(SNR_{enR})$

B) Malheureusement, l'amplificateur PA, présente des non-linéarités d'ordre 3.

En plus de la fréquence utile $f_1 = 3,542$ GHz, une deuxième fréquence

$f_2 = 3,54$ GHz est présente à l'entrée de l'amplificateur.

En considérant un signal d'entrée de la forme :

$$V_e(t) = A_1 \cos 2\pi f_1 t + A_2 \cos 2\pi f_2 t$$

et la non linéarité du dispositif pouvant s'exprimer sous la forme:

$$V_s(t) = \alpha_1 \cdot V_e(t) + 1 \cdot V_e^2(t) - 0.7 \cdot V_e^3$$

Rappel : L'impédance de référence du système est $Z_0 = 50$ Ohms.

- Donnez alors les valeurs des fréquences présentent en sortie de ce composant. Précisez celles qui seront gênantes pour notre système, sachant que la bande passante B de travail est de 80MHz centrée autour de 3,542 GHz. Détailler votre réponse.

Il s'agit ici de lister les différentes fréquences issues du comportement non linéaire de l'amplificateur à partir de F1 fréquence utile, F2 parasite. D'après ce que vu en cours on obtient les harmoniques les IM2 et Fréquences issues de NL=3 (IM3).

Avec entre autre :

$$f_9=2*f_1-f_2 \text{ et } f_{10}=2*f_2-f_1 \quad f_{11}=2*f_1+f_2 \quad f_{12}=2*f_2+f_1 \quad f_8=f_1+f_2 \quad f_7=f_1-f_2 \quad f_3=2*f_1$$

$$f_4=2*f_2 \quad f_5=3*f_1 \quad f_6=3*f_2$$

$$f_{11} = 1.0624e+010 \quad f_{12} = 1.0622e+010 \quad f_8 = 7.0820e+009 \quad f_7 = 2000000$$

$$f_3 = 7.0840e+009 \quad f_4 = 7.0800e+009 \quad f_5 = 1.0626e+010 \quad f_6 = 1.0620e+010$$

$f_9 = 3.5440e9$ Hz $f_{10} = 3.5380e9$ Hz, ces deux dernières ainsi que F2 sont dans la bande.

- Dans ce cas, calculez le nouveau rapport signal à bruit obtenu au point R, sachant que la puissance du signal à la fréquence f_2 est $P_{f_2} = -49$ dBW à l'entrée de l'amplificateur PA.

Puissance du signal parasite à $f_2=3.54e9$ Hz;

$$P_{ef2dbW}=-49;$$

$$P_{ef2dbm}=P_{ef2dbW}+30;$$

$$P_{ef2}=(10^{(P_{ef2dbm}/10)})/1000;$$

Tensions des fondamentales

$$A_1=\sqrt{P_{ef1}*50};$$

$$A_2=\sqrt{P_{ef2}*50};$$

$$G_{tension}=10^{(G_{ampli_dB}/20)};$$

$$a_1=G_{tension};$$

$$a_3=-0.7;$$

Puissances des fréq fondamentales & IM3

$$P_{f1}=(a_1*A_1+a_3*(0.75*A_1*A_1+A_1+.5*A_2*A_2*A_1))^2/50;$$

$$P_{f2}=(a_1*A_2+a_3*(0.75*A_2*A_2*A_2+.5*A_1*A_1*A_2))^2/50;$$

$$P_{f9}=((0.75*a_3*A_1*A_1*A_2)^2)/50;$$

$$P_{f10}(((0.75*a_3*A_2*A_2*A_1)^2)/50);$$

BP du système

$$BP_{3540bas}=f_1-B/2$$

$$BP_{3540haut}=f_1+B/2$$

$$P_{f1_dbm}=10*\log_{10}(P_{f1})+30;$$

% SNR au point R :

$G_{\text{ampli}} = 10^{(G_{\text{ampli_dB}}/10)}$;

$SNR_{\text{out_R}} = P_{f1} / (F_{pa} * G_{\text{ampli}} * N_{in_W} + P_{f2} + P_{f9} + P_{f10})$;

% SNR au point S :

$SNR_{\text{out_S}} = SNR_{\text{out_R}} / F_{\text{bruit}}$;

$SNR_{\text{outdb_S}} = 10 * \log_{10}(SNR_{\text{out_S}})$

AN: BP3540bas = 3.4995 GHz BP3540haut = 3.5845GHz

SNRout en _R = 13.9946 dB

SNRout en _S = 9.6225 dB

- Dans ces conditions que conclure sur le fonctionnement du système, sachant qu'en sortie du bloc récepteur (en S) il faut un rapport signal à bruit supérieur à 15 dB.

Le rapport signal à bruit obtenu étant inférieur à 15 dB le système ne pourra pas fonctionner dans ces conditions.