



**CONTROLE DE CONNAISSANCES 2011/2012 des  
Etudiants 2<sup>ème</sup> année (EI2)      7 Janvier 2013  
PHY4001 Contrôle final 1 **Correction succincte** – Durée : 1h30  
Coordonnateur : Muller Muriel  
Document (Fascicule bleu donné en cours) et Calculatrices autorisés**

NOM :

Prénom :

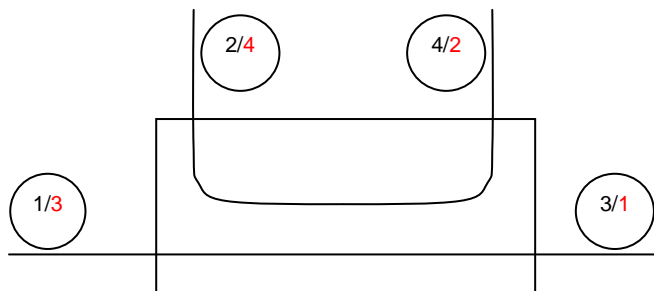
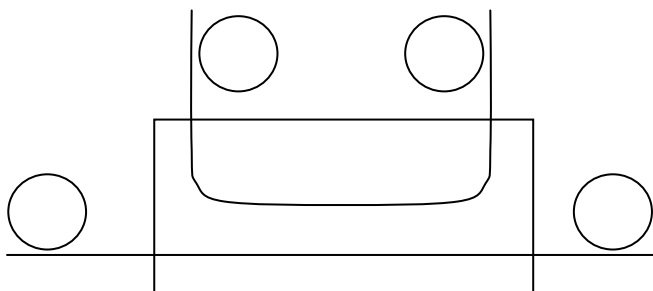
**Remarques**

- Répondre impérativement dans l'espace prévu pour chaque question.
- Toujours justifier un résultat, sans cela il n'est pas pris en compte.
- 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** Paramètres S

A) Soit un coupleur directif idéal, dont l'accès 3 est isolé de l'accès 2. Les accès 3 et 4 sont couplés. On suppose que les transmissions en liaison directe n'introduisent pas de déphasage.

- a) Donner une matrice possible pour un tel coupleur et numéroté les accès sur le schéma en indiquant quels accès sont en liaison directe, couplés, isolés.



0	$\alpha \cdot e^{i\varphi}$	$\beta$	$\alpha \cdot e^{i\varphi}$
$\alpha \cdot e^{i\varphi}$	0	0	$\beta$
$\beta$	0	0	$\alpha \cdot e^{i\varphi}$
0	$\beta$	$\alpha \cdot e^{i\varphi}$	0

Deux exemples de matrices possibles conformément à l'énoncé et aux propriétés des coupleurs telles que vues en cours et TD/ BE. ( jonction 4 accès est réciproque :  $S_{ij} = S_{ji}$  ; jonction est adaptée à ses 4 accès :  $S_{ii}=0$  ; la jonction est sans pertes :  $[S][S]^{t*} = [I]$ )



b) On suppose un couplage de 15dB. En supposant que le coupleur ne provoque pas de déphasage, donnez sa matrice S (avec les valeurs numériques des éléments de la matrice).

Le couplage représentant une perte :  $C_{db} = 20\log(\alpha) = -15\text{dB}$

Avec  $\alpha = \text{couplage} = 0.1778$  et  $\beta = 0.984$

0	$\alpha$	$\beta$	$\alpha$
$\alpha$	0	0	$\beta$
$\beta$	0	0	$\alpha$
0	$\beta$	$\alpha$	0

## Exercice 2

On caractérise expérimentalement l'intermodulation d'un amplificateur.

Ce quadripôle est excité sur son entrée par deux signaux sinusoïdaux de mêmes puissances ( $P_e$ ).

On relève en sortie les puissances des signaux amplifiés ( $P_s$ ) et des raies parasites d'intermodulation ( $P_{s3}$ ) de puissances identiques.

$P_e$ (dBm)	-20	-10	0	5	7	10
$P_s$ (dBm)	0	10	20	25	26	27
$P_{s3}$ (dBm)	-60	-30	0	15	17	18

1°) Tracer le diagramme représentant l'évolution des puissances  $P_s$  et  $P_{s3}$  en fonction de la puissance d'entrée. En déduire :

- Le gain petit signal de l'amplificateur
- Son point de compression à 1 dB
- Son point d'interception d'ordre 3 ( $IP3$ )

2°) On applique à l'entrée de l'amplificateur deux signaux de puissance égales à  $-6$  dBm.

Déterminer à partir de l' $IP3$  déterminée au 1°) la puissance des raies d'intermodulation  $P_{s3}$ .

Utiliser la formule exprimant le rapport signal à bruit d'intermodulation, puis vérifier sur le graphe la valeur trouvée.

**CORRECTION :** D'après le tableau et le cours TD / BE nous trouvons :

1°) Gain = 20 dB

Point de compression = 26 dBm (7 dBm en entrée) (écart de 1 dB par rapport à la courbe représentant le comportement idéal du composant)

$IP3 = 30$  dBm (10dBm entrée) (point d'intersection entre la courbe de comportement idéal du composant et la courbe représentant les produits d'intermodulation d'ordre 3) : donne l'information de linéarité du composant

2°) Si  $P_e = -6$  dBm.

La puissance de sortie est égale à :

$$P_s = P_e + G = 14 \text{ dBm.}$$

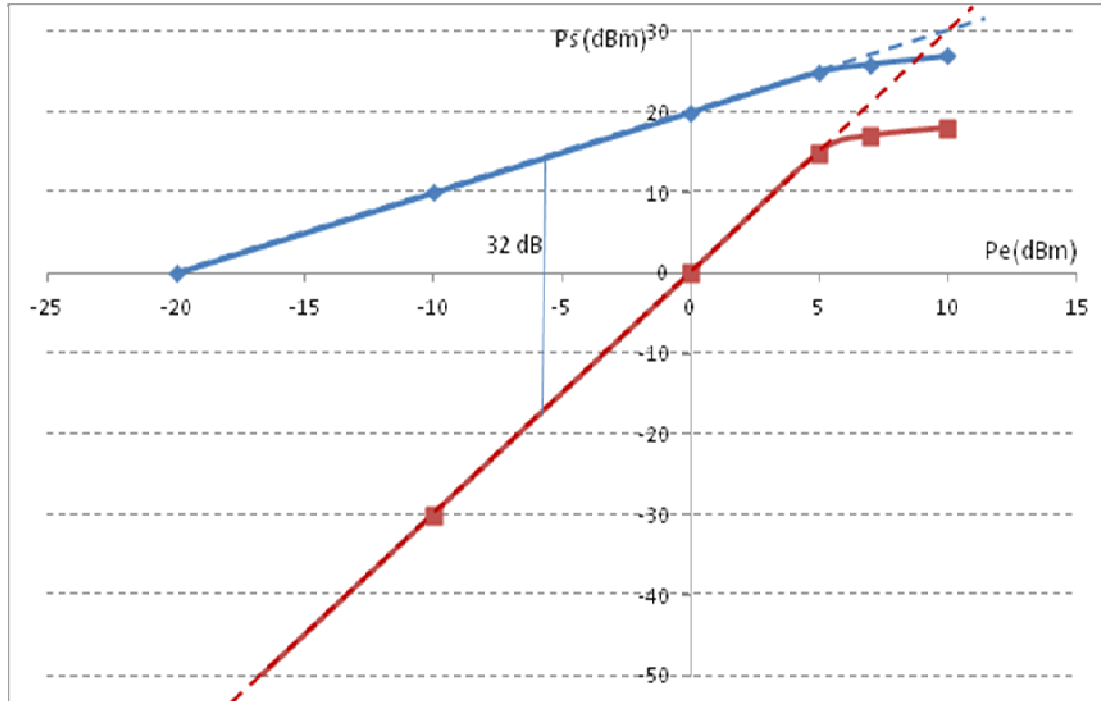
D'après la formule du rapport signal sur bruit d'intermodulation :  $(P_s - P_{im3}) = 2 (P_{ip3} - P_s)$

Le niveau des raies d'intermodulation ( $P_{im3}$ ) s'en déduit :

$$P_{im3} \Rightarrow P_s - P_{im3} = 2 (30 - 14) = 32 \text{ dB} \Rightarrow P_{im3} = 14 - 32 = -18 \text{ dBm}$$

Ce que nous pouvons retrouver sur le graphe.

NB : la même chose pouvait être retrouvée à partir de la formule utilisant les puissance d'entrée.



### Exercice 3 Non-Linéarités & bilan de liaison & facteur de bruit

On utilise un récepteur de télévision analogique (TV) de bonne qualité (qualifié par la suite de récepteur de base) dont les caractéristiques se résument à un facteur de bruit de 3 dB.

La bande passante du système est de 7 MHz et le rapport signal à bruit doit rester supérieur à 30 dB pour assurer une bonne qualité de réception.

La température de bruit de l'antenne est égale à  $T_0$ . La Puissance reçue est égale à -69 dBm si l'antenne est placée sur le toit.

1°) Dans le cas où le récepteur de base est connecté directement à l'antenne, calculer le rapport signal à bruit à sa sortie.

Discuter par rapport à la qualité de la réception.

Solution=

$$N_e = K T_0 B = 2.8 \cdot 10^{-14} \text{ W} = -135 \text{ dBW} = -105 \text{ dBm}$$

$$\text{Le rapport signal à bruit en entrée } (S/N)_{in} \text{ exprimé en dB} \Rightarrow -69 - (-105) = 36 \text{ dB}$$

$$F = \frac{(S/N)_e}{(S/N)_s} \Rightarrow \left(\frac{S}{N}\right)_s = \frac{S_e}{F N_e} \quad [1]$$

$$\text{Ce qui donne en sortie } (S/N)_{out} \text{ exprimé en dB d'après [1]} \Rightarrow 36 - 3 \text{ dB} = 33 \text{ dB} > 30 \text{ dB}$$



2°) On doit en réalité utiliser un câble de pertes égales à 16 dB entre l'antenne et le récepteur. Calculer alors le nouveau rapport signal à bruit. Conclusion ?

Pour une cascade de composants ici câble + récepteur nous utilisons la formule de Friis

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 \dots G_{n-1}}$$

$$AN : F = 10^{1.6} + 10^{0.3} - 1 / 10^{-1.6} = 79.48 \Rightarrow 19\text{dB}$$

Soit donc le rapport signal à bruit en sortie  $(S/N)_{out} \Rightarrow 36 - 19\text{dB} = 17\text{dB} < 30\text{dB}$

3°) L'utilisateur trop éloigné de l'émetteur reçoit donc une image d'une qualité médiocre. En se basant sur l'idée que l'amplitude du signal reçu est trop faible, il place un amplificateur susceptible d'améliorer la réception entre le câble et le téléviseur. L'amplificateur possède un gain de 25 dB pour un facteur de bruit de 5 dB.

Calculer le rapport signal à bruit (câble + ampli + récepteur de base).

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \dots + \frac{F_n - 1}{G_1 \dots G_{n-1}}$$

Ici il faut appliquer pour un système de 3 composants:

$$F = 10^{1.6} + 10^{0.5} - 1 / 10^{-1.6} + 10^{0.3} - 1 / (10^{2.5} \cdot 10^{-1.6}) = 126 \Rightarrow 21\text{dB}$$

Ce qui donne un rapport  $(S/N)_{out} \Rightarrow 36 - 21\text{ dB} = 15\text{dB} < 30\text{dB}$

Conclure en proposant la solution qui permettra avec le même matériel (les 3 composants) d'obtenir une image de bonne qualité. Quel est la valeur du rapport signal à bruit ainsi obtenu ?

L'amplificateur doit être en premier...

$$F = 10^{0.5} + 10^{1.6} - 1 / 10^{2.5} + 10^{0.3} - 1 / (10^{2.5} \cdot 10^{-1.6}) = 3.4 \Rightarrow 5.32\text{ dB}$$

$$(S/N)_{out} \Rightarrow 36 - 5.32\text{ dB} = 30.68\text{dB} > 30\text{ dB!}$$

L'installation de son récepteur TV est faite, mais un autre problème surgit.

Un système sans fil émet à une distance de 100 mètres de votre installation, ce système fonctionne à la fréquence  $f_1 = 1.145\text{GHz}$  mais l'oscillateur génère aussi une fréquence  $f_2 = 1,5\text{ GHz}$ . Les puissances associées à chacune des fréquences en sortie de l'oscillateur sont égales à  $P_{e f_1} = -5\text{dBm}$  et  $P_{e f_2} = +2\text{ dBm}$ .

L'antenne d'émission à un gain de 0dB et l'antenne de réception à un gain de 0dB. L'impédance de référence du système est  $Z_0 = 50\text{ Ohms}$ .

Ces signaux traversent un dispositif qui présente une non-linéarité d'ordre 3, comme décrit dans la figure 1 ci-dessous:

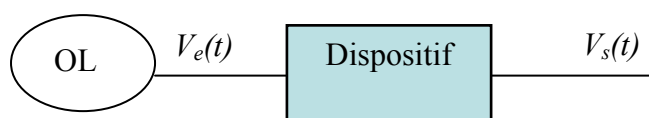


Figure 1 : chaîne considérée

En considérant un signal d'entrée de la forme :

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

$$V_s(t) = 30.V_e(t) + 1.V_e^2(t) - 0,9.V_e^3$$

1°) Exprimer toutes les fréquences générées à la sortie du dispositif, afin d'en déduire la / les fréquence(s) qui pourrai(en)t être perturbantes pour le système étudié précédemment (récepteur TV).

- Les fréquences présentes d'après le cours si l'on considère un composant non linéaire de non-linéarité d'ordre 3 seront

Fondamentales et harmoniques:

f1= 1.5 GHz  
 f2= 1.145 GHz  
 2f1 ; 2f2 ; 3f1 ; 3f2

Produits d'intermodulation

2f1-f2 = f9 = 1.855ghz  
**2f2-f1 = f10=0.790ghz**  
 2f1+f2  
 2f2+f1

Seule la fréquence f10 égale à 0,790GHz tombe dans la bande d'utilisation de notre système de television. La suite s'effectue en tenant compte de cela.

2°) Calculer maintenant le rapport signal à bruit reçu à l'entrée de l'installation de télévision (à l'antenne).

- Les amplitudes seront calculées à partir de :  $A_i = \sqrt{(\text{Sin}_i \cdot 50)}$

Avec  $P_{f10} = (0.75 \cdot \alpha_3 \cdot A_2 \cdot A_2 \cdot A_1)^2 / 50$  d'après p27 du cours

On trouve :  $A_1 = 0.1257 \text{ V}$ ;  $A_2 = 0.2815 \text{ V}$ ;  $P_{f10} = 9.047 \cdot 10^{-7} \text{ W}$  Soit  $P_{f10}(\text{dBm}) = -30.43$  à l'émission

L'atténuation de propagation correspondante à la fréquence f10 et aux paramètres du système est :

$$A_{10} = (4 \cdot \pi \cdot D) / (c / f_{10})$$

Ce qui permet d'établir le bilan de liaison :

$$Pr_{10} = P_{f10} \cdot G_{eb} \cdot G_r \cdot (1/A_{10})^2 = P_{f10} \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1/A_{10})^2$$

Soit :  $Pr_{10} = 8.26 \cdot 10^{-14} \text{ W} \Rightarrow -130 \text{ dbw}$  ou encore  $Pr_{10}(\text{dbm}) = -100.8 \text{ dbm}$

La densité de bruit en entrée :  $N_{in} = K \cdot T \cdot B = 2.8 \cdot 10^{-14}$  sur 7 MHz

Rapport  $\Rightarrow \text{Sin}/(I+N) = 1.14 \cdot 10^3$

Rapport(db) = 30.56

3°) Puis calculer le nouveau rapport signal à bruit à la sortie du récepteur TV.

En sortie du récepteur:

$$F = \frac{\left(\frac{S}{N}\right)_e}{\left(\frac{S}{N}\right)_s} \Rightarrow \left(\frac{S}{N}\right)_s = \frac{S_e}{FN_e}$$

$$(S/N)_{out} \Rightarrow 29.7 - 5.32 = 24.38 \text{ db}$$

$$\text{RapportSortieTV} = 3.34e+002$$

$$\text{RapportSortieTV(db)} = 25.23 \text{ db} < 30 \text{ dB}$$

4°) Conclure sur la qualité de réception de la télévision en présence du système sans fil et proposer une solution si besoin.

RapportSortieTVdb = 25.23 << 30dB ne permet pas de recevoir une bonne qualité d'image

Soit on filtre le brouilleur, soit on ne regarde plus la tele...