

E. Rubiola, professeur des universités – Examen de micro-ondes, 17 mars 2016

Calculatrices autorisées, ordinateurs, tablettes et smart phones interdits. Document autorisé : une feuille A3 R/V personnelle *écrite à la main* par le candidat, en *original*.

Question 1

Une ligne électrique utilisée à la fréquence de 100 MHz a inductance de 160 nH/m, capacité de 100 pF/m, résistance série de 1.8 Ω /m et zéro conductance parallèle

Q1.1 : Calculer l'impédance caractéristique et la vitesse de propagation.

Q1.2 : L'approximation « faible pertes » est-elle valable ?

Question 2

Vous devez transférer un signal à 100 MHz d'un générateur d'impédance de 50 Ω à une charge de 100 Ω sans perte d'énergie. Vous devez ainsi réaliser l'équivalent d'un transformateur. Vous disposez d'une ligne électrique sans pertes dans laquelle le signal se propage à la vitesse de $2/3 c$ (ainsi 2×10^8 m/s).

Q2.1 : Déterminer la longueur et l'impédance de la ligne.

Question 3

Q3.1 : Ecrire la matrice S d'un coupleur directionnel « 6 dB » (la voie couplée, ou secondaire, est atténuée de 6 dB par rapport au signal d'entrée).

Q3.2 : Expliciter la valeur numérique de tous les coefficients

Q3.3 : Mettre en évidence les déphasages

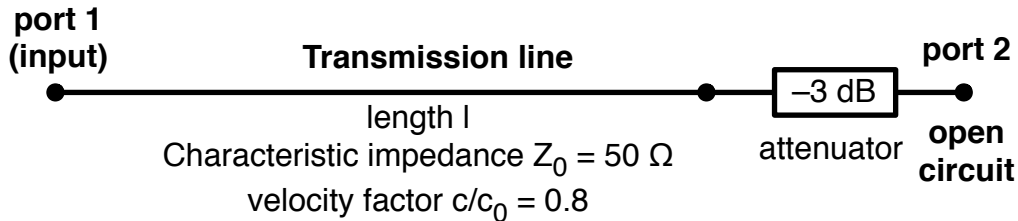
E. Rubiola, professeur des universités – Examen de micro-ondes, 4 juin 2015

Calculatrices autorisées, ordinateurs, tablettes et smart phones interdits. Document autorisé : une feuille A3 R/V personnelle écrite à la main par le candidat, en original.

Question 1

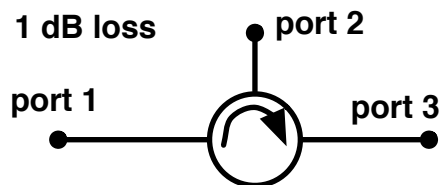
Calculer l'impédance à la porte 1 à la fréquence $f = 1$ GHz et pour $l = 24$ cm, $l = 12$ cm et $l = 6$ cm. La ligne est sans pertes et la dimension de l'atténuateur est négligeable.

Dans les trois cas, mettre en évidence les phénomènes d'interférence.



Question 2

S'appuyant sur des concepts physiques, déduire la matrice S d'un circulateur avec perte de 1 dB et autrement idéale.



Question 3

Expliquer l'origine physique de l'interférence aux canaux adjacents dans les systèmes multifréquences (canalisés) en présence de signaux forts et de distorsion harmonique.

Quel terme de distorsion est-il responsable de l'interférence et pourquoi ?

Proposer un exemple de système à 11 canaux (0...10) espacés uniformément entre 100 et 101 MHz ou l'on souhaite recevoir des signaux faibles en présence d'émissions très fortes dans les canaux 4 et 7. Quel sont les canaux affectés ?

E. Rubiola, professeur des universités – Examen de micro-ondes, 13 mai 2014

Calculatrices autorisées, ordinateurs, tablettes et smart phones interdits. Document autorisé, une feuille A3 RV personnelle écrite à la main par le candidat, en *original*.

Question 1

Un amplificateur micro-ondes a un gain de tension $g = 5$ et est adapté d'impédance sur 50Ω en entrée et sortie. Le signal d'entrée est une sinusoïde de puissance $P_{in} = 4 \text{ mW}$. Compléter le tableau

| Paramètre | Valeur | Unité | Note |
|----------------------------|--------|--------|-------------------------------------|
| Puissance d'entrée | 4 | mW | Copié de l'énoncé |
| Gain de tension | 5 | aucune | Copié de l'énoncé |
| Puissance d'entrée | | dBm | |
| Tension efficace d'entrée | | V | |
| Puissance de sortie | | mW | |
| Puissance de sortie | | dBm | |
| Tension efficace de sortie | | V | |
| Gain de puissance | | aucune | |
| Gain de puissance | | dB | |
| Gain | | Neper | |
| V_1^+ | | V | Théorie des lignes, 1 est l'entrée |
| V_1^- | | | " |
| V_2^+ | | | Théorie des lignes, 2 est la sortie |
| V_2^- | | | " |

Question 2

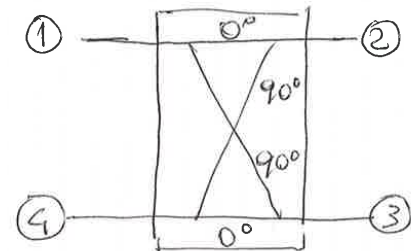
S'appuyant sur des concepts physiques et sur les conditions limite, déterminer le coefficient de réflexion Γ d'un court circuit idéale.

Question 3

S'appuyant sur des concepts physiques, écrire la matrice S du coupleur directionnel 3 dB en figure.

Détailler le raisonnement pour déduire les deux premières lignes.

La matrice contient des termes réels et imaginaires. Pour quelle raison physique est-il nécessaire ?



E. Rubiola, professeur des universités – Examen de micro-ondes, 21 mai 2013

Seul document autorisé : un papier A3 RV. Ce document est personnel, *écrit à la main* par l'élève. Pas de photocopies, pas d'écriture informatisée.

Question 1

Un câble coaxial est terminé à l'entrée et à la sortie sur son impédance caractéristique $Z_0 = 50 \Omega$. Sa longueur est $l = 207.25 \lambda$ à la fréquence de 10 GHz. La puissance est de +7 dBm à l'entrée et de 4 mW à la sortie.

1. Convertir le signal d'entrée en tension efficace
2. Calculer l'atténuation en dB
3. Convertir l'atténuation en Neper
4. Calculer le coefficient de réflexion $\Gamma(l)$ à l'entrée de la ligne

Question 2

S'appuyant sur des concepts physiques, écrire la matrice S des composants suivants (sans déphasage de l'entrée à la sortie):

1. Isolateur idéal, adapté d'impédance, sans pertes, isolation parfaite.
2. Isolateur réel, adapté d'impédance à l'entrée et à la sortie, avec 0.5 dB de perte dissipative et isolation de 20 dB.
3. Amplificateur réel, adapté d'impédance à l'entrée et à la sortie, avec 20 dB de gain et rapport d'isolation de 46 dB

Question 3

Un amplificateur réel est adapté d'impédance (50Ω) à l'entrée et à la sortie, a un gain de 20 dB et une intercepte du 3^{ème} ordre $P_{IP3} = 1W$. Quelle information pouvez-vous déduire sur le polynôme qui décrit la non linéarité de l'amplificateur ?

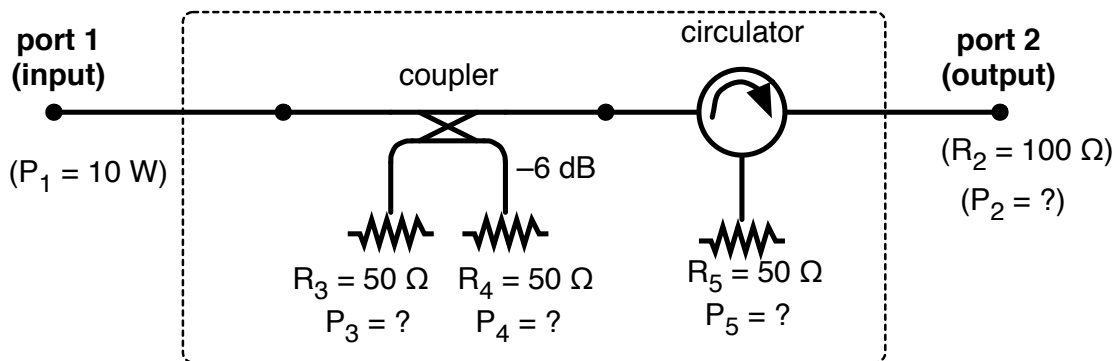
Question 1

Une ligne électrique de longueur $l = 9$ m a impédance caractéristique $Z_0 = 50 \Omega$, vitesse de propagation $c_{\text{line}} = (\frac{3}{4}) c_{\text{vacuum}}$ et est terminée sur une capacité de $5/\pi$ pF (1.592 pF). **La fréquence est de 2 GHz.**

1. Calculer le coefficient de réflexion Γ à la charge
2. Calculer $\Gamma(l)$ à l'entrée de la ligne, si la ligne est idéale sans perte
3. Calculer $\Gamma(l)$ à l'entrée de la ligne, si la ligne a une perte de 1 dB sur la longueur totale.
4. Revenant à la ligne sans perte, calculer inductance et capacité par unité de longueur qui justifie Z_0 et $c_{\text{line}} = (\frac{3}{4}) c_{\text{vacuum}}$.

Question 2

Le circuit ci dessous est conçu pour rendre la démarche "intuition physique" très avantageuse par rapport à la manipulation des équations. L'impédance caractéristique est $Z_0 = 50 \Omega$. **Simplifications** : coupleur et circulateur n'ont pas de pertes ; le déphasage de l'entrée (porte 1) à la sortie (porte 2) est de 0° .



1. Dédire la matrice S (2×2) par les propriétés physiques du circuit. Les portes 1 et 2 sont reliées à l'analyseur de réseaux et R_2 est absente.
2. Calculer Γ à l'entrée (porte 1) avec $R_2 = 100 \Omega$ à la sortie.
3. Calculer la puissance dissipée par R_2 , R_3 , R_4 , R_5 si la puissance à l'entrée est de 10 W.

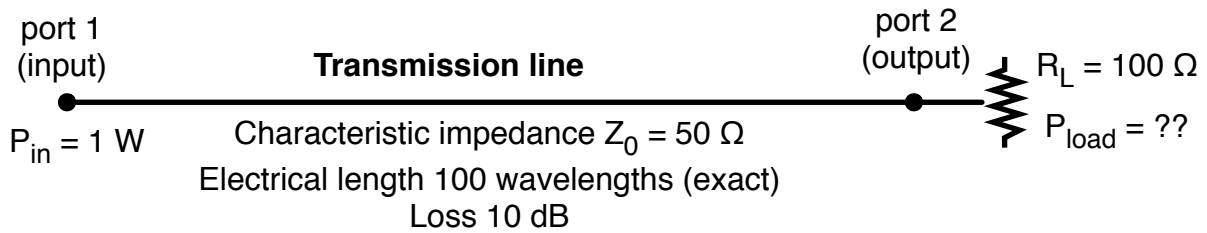
Question 3

Rappel. Le signal de sortie d'un amplificateur en régime non linéaire est décrit par $y = a_1x + a_2x^2$. En présence du signal $x(t) = U \cos(\omega t)$ à l'entrée, la sortie est $y(t) = V_1 \cos(\omega t) + V_2 \cos(2\omega t)$. Le *intercept point* IP-2 est la puissance P_{II} de sortie (extrapolée) à laquelle la puissance de la fondamentale est égale à la puissance de la deuxième harmonique. La puissance P_{II} est référée à la sortie.

Calculer a_1 et a_2 d'un amplificateur de 20 dB (en faible signal) ayant P_{II} de 30 dBm, adapté à l'entrée et à la sortie sur $R_0 = 50 \Omega$.

Question 1

La ligne est alimentée par un générateur adapté sur l'impédance caractéristique $Z_0 = 50\Omega$.



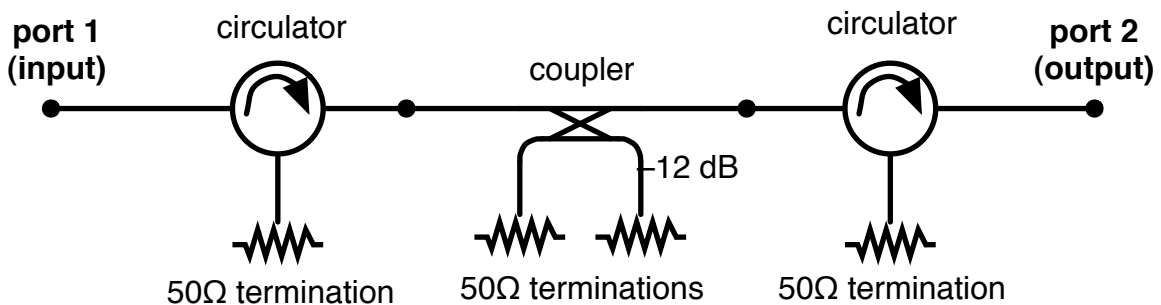
Déduire les paramètres suivants:

- coefficient de réflexion Γ (à la charge),
- coefficient de réflexion $\Gamma(I)$ (à l'entrée "port 1"),
- puissance P_{load} à la charge

Cet exercice se prête à la solution analytique. Toutefois un minimum de raisonnement est nécessaire car la longueur de la ligne n'est pas donnée explicitement. Attentions au dB.

Question 2

Déduire la matrice S par les propriétés physiques du circuit ci dessous. Simplifications: l'impédance caractéristique des lignes et composants est $Z_0 = 50\ \Omega$, le coupleur et les circulateur n'ont pas de pertes et le déphasage de l'entrée à la sortie est de 0° .



Sachez que ce schéma est conçu pour rendre la démarche "intuition physique" très avantageuse par rapport à la simple manipulation d'équations. Des exemples similaires ont été montrés en cours.

Question 3

La plage d'entrée d'un analyseur de spectre est de 1-2 kHz à 1.0 GHz.

- Montrer les inconvénients si la fréquence du premier étage IF est de 600 MHz.
- En suite, nous décidons que la fréquence du premier étage IF sera $IF_1 = 1.5\text{ GHz}$.
- Donnez les paramètres du filtre à l'entrée de l'analyseur, nécessaire pour éliminer la fréquence image (il n'y a pas "une" réponse exacte, mais des choix à faire).
 - Si on a à disposition des résonateurs ayant $Q = 150$ (toute fréquence confondue) pour réaliser les filtres passe-bande IF, est-il possible d'obtenir une sélectivité (largeur de bande d'analyse, ce n'est pas le "span") de 100 kHz avec deux conversions (ainsi $IF_1 = 1.5\text{ GHz}$ et IF_2 a déterminer)? Justifier.

Bien que simple, cet exercice nécessite un effort de synthèse.

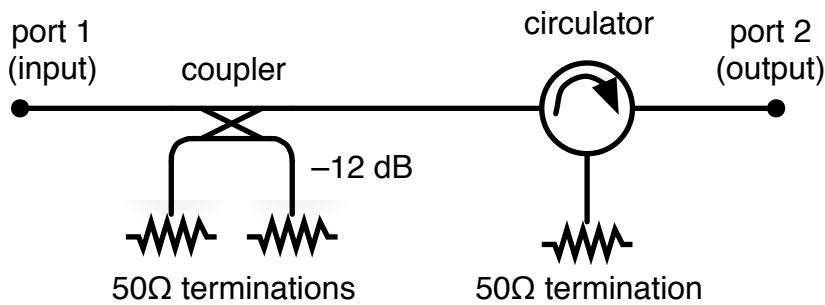
E. Rubiola, professeur des universités. Examen de micro-ondes, 1 avril 2009

Question 1

La non-linéarité d'un amplificateur est décrite par $y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + \dots$.
 Un amplificateur a gain 26 dB, "3rd-harmonic intercept power" 33 dBm et impédance d'entrée et sortie $R_0 = 50 \Omega$. Calculer les coefficients a_1 and a_3 .

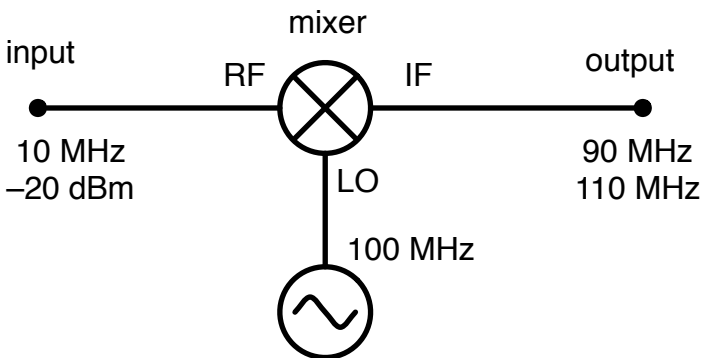
Question 2

Déduire la matrice S à compter des propriétés physiques du circuit ci dessous.
 Simplifications: les coupleur et le circulateur n'ont pas de pertes et il n'y a pas de déphasage de l'entrée à la sortie.



Question 3

Le mixer est assimilé à un interrupteur idéal contrôlé par le LO (saturé).
 Calculer la puissance de sortie associée au signal à 90 MHz. Donner le résultat en dBm.
 En conséquence des harmoniques produites par le comportement "interrupteur" di mixer l'on attend en sortie des signaux à 290 et 310 MHz. Calculer la puissance associée au signal à 90 MHz. Donner le résultat en dBm.



Question 4

Une ligne d'impédance $Z_0 = 50 \Omega$ est alimentée par un générateur adapté d'impédance et terminée sur une charge $Z_1 = 30 \Omega$. Calculer le coefficient de réflexion Γ et le SWR (rapport d'ondes stationnaires).