

Epreuves écrites

CONCOURS EXTERNE D'INGÉNIEUR DE RECHERCHE

N° 2022 – IR – CE – 03

Lundi 27 juin 2022 de 9h à 12h

Durée : 3h

Calculatrice scientifique simple autorisée

Trois documents joints :

Annexe 1 : ZDAQJ900- Wireless antenna solution

Annexe 2 : SAS-571 Double Ridge Guide Horn Antenna

Annexe 3 : Radiation Patterns on a Budget: IEEE AP-S Student Design Challenge 2011

40 Points

1. Bilan de liaison (5 points)

Dans sa forme la plus simple (cas idéal, pas de trajets multiples), l'équation de Friis établit la relation puissance rayonnée par une antenne et puissance reçue par une autre antenne placée à une certaine distance R :

Cette relation, en espace libre est donnée par :

$$\frac{P_r}{P_t} = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2$$

Autrement : $P_r = P_t G_t G_r A_p$

Où :

A_p est l'atténuation de propagation espace libre,

G_t est le gain linéaire de l'antenne d'émission,

G_r est le gain linéaire de l'antenne de réception,

P_t est la puissance délivrée à l'antenne d'émission (antenne bien adaptée),

P_r est la puissance collectée sur l'antenne de réception (antenne bien adaptée),

R est la distance séparant les deux antennes et

λ est la longueur d'onde correspondant à la fréquence de travail.

Une campagne de mesures est prévue sur site et on effectue des estimations préliminaires du bilan de liaison.

Une liaison sera établie où l'émetteur fournit une puissance de 10 W. Les gains d'antennes à l'émission et à la réception sont pris égaux à 0 dB, et la fréquence d'émission est de 900 MHz. On ne tient pas compte des pertes des câbles en émission et en réception.

Le récepteur a une sensibilité de -70 dBm.

- 1) Exprimer la puissance d'émission en dBm et en dBW
- 2) Déterminer A_p en dB pour la distance R de 10Km
- 3) Quelle est la puissance, en dBm disponible à 10 Km ?
- 4) On souhaite que la puissance minimale reçue soit 6 dB au-dessus de la sensibilité du récepteur.
 - Quelle est la valeur minimale de cette puissance ?
 - Pour atteindre cet objectif et en sachant que la puissance de l'émetteur ne peut pas être augmentée, on peut utiliser une antenne E ou R de gain > 0 dBi. Vous disposez de datasheets de 3 antennes ZDAQJ900 (datasheets joints en annexe 1). Laquelle de ces antennes permet de répondre, à minima, à cette exigence ? Selon votre choix, quelle est alors la puissance mesurée ?

2. Mesure du gain d'antennes en chambre anéchoïque (5 points)

On veut mesurer le gain d'une antenne patch A_x réalisée pour fonctionner à 2.45 GHz.

On dispose du matériel suivant en laboratoire :

- 2 antennes de référence type SAS-571 (datasheets joints en annexe 2)
- 1 analyseur de spectre
- 1 générateur de puissance (GN) hyper fréquence
- 1 câble Tx de liaison GN/antenne Tx : longueur 2m, pertes=1.5dB/m
- 1 câble Rx de liaison antenne Rx/analyseur de spectre : longueur 4 m, pertes 0.5dB/m

- 1) Donner au moins **2 arguments** justifiant l'usage d'une chambre anéchoïque.
- 2) La puissance de sortie du générateur est fixée à 10 dBm et la distance de mesure entre antennes est de 3m.
 - Calculer l'atténuation de propagation avec les données mentionnées
 - Dans une première étape, les 2 antennes de référence sont utilisées, l'une en émission et l'autre en réception ; quelle est la valeur de la puissance mesurée à l'analyseur de spectre.
 - Dans une deuxième étape, l'antenne d'émission est remplacée par l'antenne A_x . La puissance mesurée à l'analyseur de spectre est -27.8 dBm. En déduire le gain de l'antenne A_x .

3. Instrumentation RF (15.5 points)

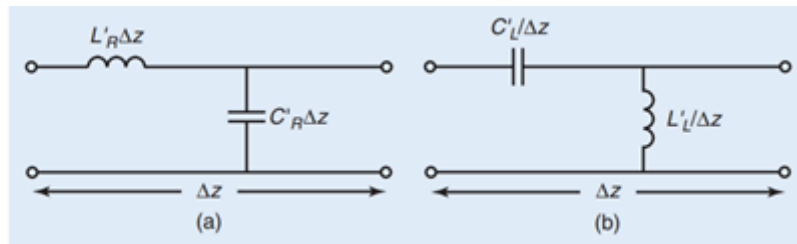
A) Antennes

Le gain en puissance d'une antenne est donné par rapport à une antenne de référence soit en dBi, soit en dBd.

- 1) Quelle est la référence :
 - Pour le gain en dBi
 - Pour le gain en dBd
- 2) Le gain linéaire d'un dipôle accordé à $\lambda/2$ est de 1,64.
 - Donner la valeur en dBi
 - Établir la relation entre dBi et dBd

B) Câbles et lignes de transmission

- 1) Lequel de ces schémas représente le modèle d'une ligne de transmission (LT) classique idéale.



Ces lignes présentent néanmoins des pertes.

- 2) Reprendre le schéma LT en représentant les éléments de perte et en donnant l'origine de chacune de ces pertes.
- 3) L'impédance caractéristique standard des câbles de mesure RF est de 50 Ohms ou 75 Ohms. Pourquoi ces valeurs ?
- 4) Un câble coaxial transmet un signal en mode TEM. Que signifie le sigle TEM ?
- 5) Quel paramètre géométrique du câble limite la propagation de ce mode TEM, et donc la bande passante du câble ?
- 6) Vous devez acheter des câbles pour mesure RF du labo. Quels sont les principaux paramètres qui vont guider votre choix, au regard des datasheets des différents fournisseurs ?

C) Sondes de courant

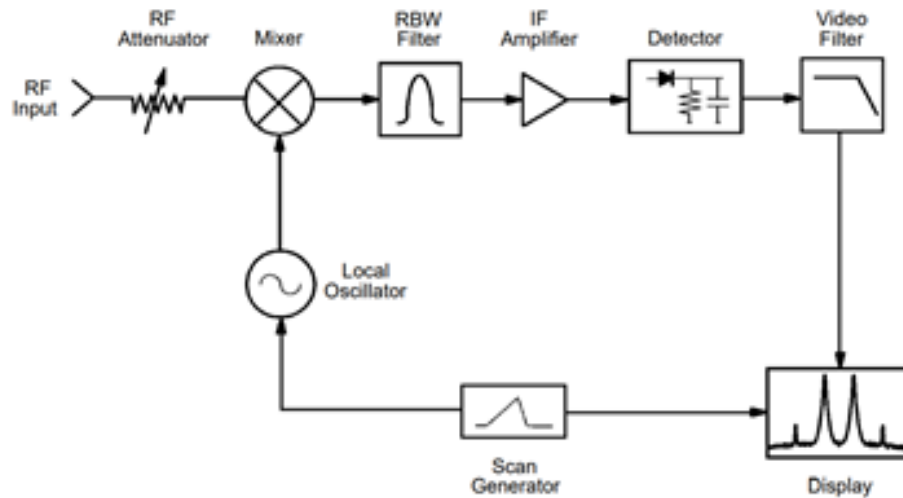
Une sonde de courant pour la mesure de courant est caractérisée par son impédance de transfert Z_t . Voici 2 sondes avec les caractéristiques suivantes :

- Sonde1 : $Z_{t1} = 1 \text{ mV/mA}$
- Sonde2 : $Z_{t2} = 5 \text{ mV/mA}$
-

1. Laquelle de ces sondes est la plus sensible ?
2. On utilise la sonde 1 pour une mesure de courant. La tension mesurée sur l'analyseur de spectre est de 100dB μ V.
 - a. Quelle est l'amplitude du courant en dB μ A ?
 - b. Quelle serait la tension mesurée en dB μ V si on utilisait la sonde 2 ?

D) Analyseur de spectre

Voici le schéma bloc simplifié d'un analyseur de spectre.



1. La valeur de l'atténuateur a-t-elle une influence sur la lecture de l'amplitude du signal mesuré ?
2. Quelle fonction réalise le mixer ?
3. Que signifie le sigle RBW ?
 - a. De quel type de filtre s'agit-il ?
 - b. Dans quel cas la valeur du RBW a-t-elle une influence sur l'amplitude du signal à mesurer ?
4. Que signifie le sigle IF ? Quel est l'avantage d'avoir une IF constante ?
5. Quels types de détecteurs sont intégrés (en standard) dans les analyseurs de spectres ?
6. Quel est le type de filtre qui suit le détecteur ?
7. Par quel sigle est représenté ce filtre sur un analyseur de spectre ?
8. A quoi sert ce filtre ?
9. Expliquer, pourquoi un analyseur de spectre peut déclencher l'alarme « overload » alors que l'amplitude du signal affiché est largement en dessous de la valeur maxi autorisée en entrée.
10. Que faut-il faire dans ce cas ?
11. Quels sont les risques si l'alarme « overload » persiste ?

4. Analyse d'un article scientifique en anglais (8 points)

Lisez attentivement l'article en annexe 3 et intitulé « Radiation Patterns on a Budget: IEEE AP-S Student Design Challenge 2011 ».

Remarque : La lecture du texte en surlignage jaune n'est pas nécessaire

Les réponses aux questions suivantes peuvent être formulées, au choix, en anglais ou en français.

1. What is the main goal and the technical challenges described in this article?
2. What is the antenna which is rotate and what are the criteria for the choice of the reference antenna?
3. Comment/detail the calibration procedure for the antenna system announced in section 3.2.
4. Referring to the radiation pattern presented in figure 10, what is the polarization expected?
5. Explain the operating principle of the receiving unit building blocks.
6. Is the gain measured consistent with the theoretical value? Justify your answer.

5. Culture générale (6.5 points)

1. Classez, par ordre croissant de conductivité électrique les métaux suivants : Or, cuivre, argent, laiton, aluminium. Quels inconvénients voyez-vous avec l'usage du cuivre ?

2. Que signifient les sigles suivants :

- CEM (français) ou EMC(anglais)
- CEI (français) ou IEC (Anglais)
- ISO
- ETSI
- IUT

3. Mise en situation :

Vous avez transmis un bon de commande à votre fournisseur pour un équipement scientifique et la livraison est incomplète contrairement aux informations mentionnées sur le bon de livraison.

Vous devez rédiger un courrier électronique de réclamation.