



Annexe : Programme de la formation

Public visé : Concepteurs, testeurs ou donneurs d'ordres de produits électroniques communicants

Prérequis : Connaissances générales en électronique et/ou protocoles de communication

Effectif : 10 participants maximum

Lieu : Laboratoire d'ALCIOM

Journée 1 :

9h-9h15 : Accueil

9h15-9h35 : **Propagation radio-fréquence**

Rappels de la notion de dB, bilan de liaison, formule de Friis, influence de la fréquence, pertes indoor, pertes par trajets multiples, pertes de polarisation

9h35-10h05 : **Liaisons RF et réglementation**

Bandes « libres » et réglementation européenne, Marquage CE (directives vs normes), gestion des risques sanitaires liés aux liaisons RF, grandes lignes des normes RTTE classiques (EN300220, EN300328, EN300440)

10h05-10h20 : **L'analyseur de spectre**

Principe, familles, principaux réglages, mise en œuvre, applications

10h20-10h30 : Pause

10h30-11h10 (travaux pratiques en 2 groupes) :

TP1 : Sensibilisation à la propagation RF

Expérimentation du phénomène de perte par trajets multiples à 2,4GHz

TP2 : Mise en œuvre d'un analyseur de spectre hyperfréquence

Analyse du spectre ambiant

11h10-11h30 : **Paramètres RF et sensibilité d'un récepteur**

P1dB, linéarité, IP3, facteur de bruit, analyse en cascade, notion d'Eb/N0, sensibilité, influence du débit.

11h30-12h30 (travaux pratiques en 2 groupes) :

TP3 : caractérisation d'un amplificateur bas bruit

TP4 : Simulation système : exemple sous AWR VSS

12h30-13h30 : Déjeuner

13h30-14h10 : **Modulations**

Principe d'une modulation, modulations simples (FSK/ASK/PSK), notion d'orthogonalité, démodulateurs incohérents/cohérents, largeur de modulation, filtrage bande de base (Nyquist, gaussien, raised cosine)

14h10-14h30 : **Techniques niveau liaison de donnée**

Rappels sur les protocoles de communication, couches OSI, préambules et synchronisation, détection d'erreur, accès au canal, retransmissions, gestion des collisions

14h30-15h30 (travaux pratiques en 2 groupes) :

TP5 : Tests de pré-qualification CE d'un émetteur en conduit

Puissance dans le canal adjacent, harmoniques, influence de la modulation

TP6 : Mise en œuvre d'un analyseur de spectre vectoriel avancé

Démodulation numérique, analyse d'un entête niveau 1

15h30-15h40 : pause

15h40-15h55 : Quelle solution technologique pour quelle application ?

Chaînes RF discrètes, transceivers intégrés, modules bas niveau, modules avancés, conseils de choix

15h55-16h40 : Techniques d'amélioration du bilan de liaison

Diversité d'espace, diversité de polarisation, diversité de fréquence, bande étroite, étalement de spectre (DSSS), notions d'OFDM, notion de codes correcteurs d'erreurs (hamming, bloc code, codes convolutifs), notion de soft-decoding et algorithme de Viterbi

16h40-17h : **questions/réponses**

17h : Fin de la journée

Journée 2 :

9h30-9h45 : **Chiffrement et authentification**

Quelques bases

9h45-10h20 : **Protocoles standardisés**

Panorama de leurs caractéristiques techniques principales : Bluetooth, BLE, wifi, zigbee, RF4CE, wireless Mbus, 6lowpan, etc

10h20-10h30 : pause

10h30-11h30 (travaux pratiques en 2 groupes) :

TP7 : Mise en œuvre d'un kit d'évaluation 868MHz

Etude de l'influence des paramètres

TP8 : Mise en œuvre d'un module Bluetooth

Configuration via commandes AT, analyse des séquences de saut de fréquence à l'aide d'un analyseur de spectre temps réel

11h30-12h15 : **Adaptation d'impédance**

Exemple en DC et en AC, réseau d'adaptation, lignes de transmission, ondes stationnaires, notion de paramètres S

12h15-12h30 : **L'analyseur de réseaux vectoriel**

Principe, applications, calibration, exemples d'équipements

12h30-13h30 : Déjeuner

13h30-14h10 (travaux pratiques en 2 groupes) :

TP9 : Adaptation d'impédance AC

Expérimentation en basse fréquence

TP10 : Mise en œuvre d'un analyseur de réseau vectoriel

Calibration, analyse d'un filtre

14h10-14h50 : **La conception de circuits imprimés RF**

Microstrip, stripline, outils de calcul, bonnes pratiques, substrats, exemples de routage, notions de composants imprimés, précautions industrielles

14h50-15h : Pause

15h-15h50 : **Les antennes embarquées**

Généralités sur les antennes, caractéristiques, types d'antennes classiques, antennes imprimées et céramiques, notions d'antennes compactes et d'antennes multibandes, Outils de conception et de simulation

15h50-16h20 (Démonstrations de logiciels en 2 groupes) :

DEMO1 : Simulation d'antenne filaire (AN-SOF)

DEMO2 : Simulation d'antenne imprimée (SONNET)

16h20-17h : questions/réponses

17h : Fin de la journée

Journée 3 :

9h30-9h50 : **Optimisation et mesure des antennes**

Adaptation d'impédance, influence de l'environnement, packaging, liaisons externes, mesure de performance

9h45-12h00 (travaux pratiques en 2 groupes, 10 minutes de pause) :

TP11 : Adaptation d'impédance d'une antenne imprimée

Mesure d'impédance, calcul et implantation d'un réseau correcteur, vérification de l'impédance finale, étude expérimentale de l'influence d'un boîtier sur les performances

TP 12: Mesure de champ rayonné d'un émetteur en chambre anéchoïde

Mesure de la puissance rayonnée, spurious, mesure du diagramme de rayonnement

12h : Fin de la journée