



---

# RADIOFREQUENCES

## Du 28 février au 2 mars 2017 à Versailles (78)

---

**Durée : 3 jours (16 h 30)**

**Prix : 1 350 € HT (1 050 € HT pour les adhérents Cap'Tronic)**

### PUBLIC

Cette formation s'adresse aux concepteurs, testeurs ou donneurs d'ordres de produits électroniques communicants.

### PREREQUIS

Connaissances générales en électronique et/ou protocoles de communication.

### OBJECTIFS

Cette formation, très orientée applications et évitant un formalisme trop théorique, a pour objectif de vulgariser les transmissions sans fil. Destinée aux concepteurs de produits sans fil, et d'objets connectés en particulier, elle permettra aux participants d'acquérir une bonne compréhension des problématiques et des solutions, tant sur le plan des normes et standards que des précautions à prendre au niveau des phases de conception et de mise au point. De nombreux travaux pratiques, réalisés avec ALCIOM, permettront de mieux appréhender ces notions.

### LIEU

Pépinière d'entreprises de Versailles Grand Parc - 2 place de Touraine - 78000 Versailles

### INTERVENANT

Robert LACOSTE - ALCIOM

## PROGRAMME

### Jour 1

- 9h-9h15 : Accueil
- 9h15-9h35 : Propagation radiofréquence

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 oeuvre, 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 oeuvre 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'E<sub>b</sub>/N<sub>0</sub>, 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 préqualification CE d'un émetteur en conduit  
Puissance dans le canal adjacent, harmoniques, influence de la modulation  
TP6 : Mise en oeuvre 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

## Jour 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 oeuvre d'un kit d'évaluation 868MHz  
Etude de l'influence des paramètres  
TP8 : Mise en oeuvre 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 oeuvre 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



### Jour 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) :

TP 11 : 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

---

**Moyens pédagogiques :** Support de cours - Exercices pratiques - Mises en situation

**Moyens permettant d'apprécier les résultats de l'action :** Evaluation de l'action de formation par la remise d'un questionnaire de fin de stage.

**Moyen permettant de suivre l'exécution de l'action :** Feuilles de présence signées par chaque stagiaire et le formateur par journée de formation.

**Sanction de la formation :** Attestation de présence

---