

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de résoudre les difficultés de mesures en CEM, de proposer et de réaliser des montages d'aide aux différentes mesures.

## Le but de cette formation est de :

- Maîtriser les caractéristiques des antennes utilisées en CEM
- Connaître les mesures temporelles et analyses spectrales FFT
- Savoir identifier et résoudre les difficultés en fréquentiel, effets du bruit, des non-linéarités
- Appréhender les principes des incertitudes de mesures
- Pouvoir concevoir et mettre en œuvre des montages d'aide pour les mesures en CEM

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de laboratoire impliqués dans les mesures de CEM
- Ingénieurs et techniciens de laboratoire impliqués dans la mise au point CEM
- Concepteurs et intégrateurs de systèmes

### Prérequis

- Avoir déjà pratiqué des mesures de CEM ou avoir suivi le module 1 de Mesures CEM
- Pas de connaissance mathématique

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations pratiques si possible
- Évaluation des acquis :
  - QCM en fin de session

### Modalités pédagogiques

- Formation d'adaptation et de développement des compétences dispensée en présentiel
- Programme adaptable en durée et contenu en intra entreprise
- Attestation de fin de formation

### Intervenant

- Formateur et consultant terrain de plus de 10 ans d'expérience

### Informations pratiques

- Durée : 5 jours soit 35 h
- Paris du 7 au 11 décembre 2020

### Tarif

2 250 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION - RAPPELS

- Unités et acronymes
- L'échelle des décibels
- Les 3 modes en conduction
- Bande étroite / bande large
- Spectre et densité spectrale
- RBW (IF BW) normalisées
- Cohérence d'un bruit
- Réponses des détecteurs CISPR

### 2 – ANTENNES

- Champ couplé / Plan de phase
- Gain, directivité et aire équivalente
- Paramètres des antennes
- Facteur d'antenne
- Étalonnage des antennes
- Antennes cadre ou de Van Veen
- Champmètre électrique
- Capteur E ou H / préampli associé
- Facteur de sonde de Moëbius
- Sondes de champ proche
- Problèmes de mesure du champ E

### 3 – MESURES TEMPORELLES

- Bande passante et forme d'onde
- Mesure d'un temps de transition
- Bande passante d'échantillonnage
- Mesure d'impulsion très courte
- Erreurs des sondes de tension
- Chaîne de mesure à fibre optique
- Rapport signal sur bruit après échantillonnage
- Taux de distorsion : La THD et le FD
- Récepteurs CEM avec analyse par FFT
- Valeur redressée moyenne / efficacité vraie
- Problèmes des mesures électriques
- Erreurs fréquentes d'analyse temporelle

### 4 – DIFFICULTÉS EN FRÉQUENTIEL

- Synoptique d'un analyseur de spectre
- Principe des analyseurs de spectre FFT
- Fenêtrage temporel (« time windowing »)
- Récepteur CEM avec analyse par FFT
- Analyseur de spectre vectoriel
- Analyseur de spectre : temps réel
- Analyse de spectre par balayage et par FFT
- Choix des fenêtrages pour les analyses FFT
- Analyse d'un signal sinusoïdal (1 MHz)
- Analyse spectrale de signaux impulsifs
- Ajustage d'un générateur de poursuite
- Bruit gaussien
- Température et facteur de bruit
- Mesure de bruit bande large selon le détecteur
- Facteur de bruit des analyseurs de spectre
- Bruit de deux étages en cascade
- Bruit selon le mode de détection
- Points d'interception du 2ème ordre et 3ème ordre
- Amplitudes des produits de distorsion
- Produits d'intermodulation du 3ème ordre
- Mesure pratique des PI2 et PI3
- Calcul des produits d'intermodulation d'ordre 3

- Bruit de phase
- Passage d'une perturbation BE en LB
- Impulsions rectangulaires répétitives
- Impulsions RF répétitives
- Filtrage par VBW d'impulsions (smoothing)
- Filtrage post-détection de signaux impulsifs
- Durée d'un balayage selon le « dwell »
- Signal résultant de la somme de 2 signaux
- Erreur de niveau par un signal faible (bruit)
- Erreurs fréquentes au récepteur de mesures
- Erreurs fréquentes à l'analyseur de spectre
- Erreurs fréquentes d'analyse fréquentielle

### 5 – INCERTITUDES DE MESURES

- Erreur maximale de mesure
- Incertitudes liées au ROS
- ROS et facteur de réflexion (RL)
- Réduction du ROS par atténuateur
- Perte de puissance par ROS / RL
- Incertitudes d'un étalonnage
- Loi de propagation de l'incertitude
- Analyse des sources d'incertitude
- Incertitude type/composée/élargie
- Critères de jugement : les 4 cas

### 6 – MONTAGES D'AIDE

- Les divers réseaux fictifs CISPR
- Autres réseaux de couplage CEI
- RSIL 5µH aéronautique
- Problèmes de mesure au RSIL
- Calcul d'un capteur de courant
- Vérification de pince courant HF
- Problèmes de mesure à la pince
- Séparateur monophasé MC / MD
- Mesure d'un bruit de masse
- Coupleurs directifs
- Connecteurs coaxiaux
- Impédance de transfert / mesure
- Mesure de dissymétrie de paire
- Coupleur directif / Vérification
- Analyseur vectoriel (de réseau)
- Perte d'insertion / Paramètres S
- Boîte de mesure d'impédance
- Mesure d'atténuation de blindage

### 7 – TESTS D'IMMUNITÉ

- Impulsion sinus / cosinus amortie
- Tests aéronautique courant foudre
- Composantes foudre A, B et C
- DO160 – 6 Formes d'ondes foudres
- Multiple burst / multiple strokes
- Transitoires induits selon DO160
- Immunité « BF » de l'alimentation
- Susceptibilité aux signaux induits
- Détecteur à diode : effet de la MA
- Problèmes des amplis large bande
- Immunité à la pince (BCI)
- Chambre réverbérante / brasseur
- Cellule TEM (de Crawford)
- Immunité aux RCD
- Problèmes des tests d'immunité