

# 14 Conception CEM des équipements

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de prendre en compte l'ensemble des paramètres clefs CEM lors de la conception d'un équipement.

## Le but de cette formation est de :

- Apprendre à identifier et solutionner les problèmes potentiels en analogique, numérique et circuits de commutation
- Être capable d'analyser et de maîtriser les mécanismes de couplages
- Pouvoir concevoir et mettre en œuvre les remèdes en conduction et rayonnement
- Pouvoir appréhender les besoins et mettre en œuvre les solutions de blindage

## À SAVOIR

### Public

- Techniciens et ingénieurs en électronique
- Techniciens d'essais CEM

### Prérequis

- Niveau technicien en électronique
- Niveau bac en 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 : 4 jours soit 28 h
- Grenoble, du 6 au 9 juin 2023
- Paris, du 21 au 24 novembre 2023

### Tarif

2 170 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Méthode d'analyse de la CEM
- Mode commun et mode différentiel
- Utilisation des décibels
- Conversion temps – fréquence

### 2 – RÉGLEMENTATION ET TESTS CEM

- Directive européenne
- Normes harmonisées
- DO-160 / MIL-STD
- Emission conduite & rayonnée
- Immunité conduite & rayonnée
- Plan qualification CEM

### 3 – CEM DES COMPOSANTS ACTIFS

- Rapport signal / bruit
- Bande passante et vitesse de balayage
- Impédance et courant de sortie
- Détection d'enveloppe
- Marge de bruit statique et dynamiques
- Forme d'onde et fréquence équivalente
- Surconsommation de transition

### 4 – CIRCUITS DE COMMUTATION

- MD et MC d'une alimentation à découpage
- Calcul et filtrage du mode commun
- Calcul et filtrage du mode différentiel
- Mode Commun entrée à sortie

### 5 – COUPLAGE PAR IMPÉDANCE COMMUNE

- Principe du couplage par impédance commune
- Impédance d'un plan de cuivre
- Impédance des pistes et des fils
- Alimentation en étoile
- Comparaison analogique / numérique
- Plans de masse et d'alimentation
- Solution optimale des couches de CIP

### 6 – COUPLAGE CARTE À CHÂSSIS

- Couplage capacitif carte à châssis
- Capacité entre carte et masse
- Capacité d'une piste
- Ecran électrostatique et anneau de garde
- Exemple de tracé
- Masse mécanique / masse électrique
- Raccordement du 0 V au châssis

### 7 – COUPLAGE PAR DIAPHONIE

- Capacité linéique piste à piste et fil à fil
- Couplage inductif fil à fil
- Exemple de diaphonie piste à piste
- Diaphonie des câbles plats
- Réduction de la diaphonie par plan de masse

### 8 – COUPLAGE CHAMP À BOUCLE

- Calcul de la tension de boucle
- Exemple de susceptibilité
- Cas du champ magnétique
- Torsade des conducteurs

### 9 – COUPLAGE CHAMP À FIL

- Antennes fouet et dipôle
- Calcul du courant induit
- Réduction du champ par plan de masse

### 10 – RAYONNEMENT DE MODE DIFFÉRENTIEL

- Spectre d'un train trapézoïdal
- Rayonnement d'une petite boucle
- Exemple de rayonnement d'une horloge
- Réduction des surfaces de boucles
- Réduction du rayonnement de M.D.

### 11 – RAYONNEMENT DE MODE COMMUN

- Rayonnement d'un petit fouet
- Origines du courant de mode commun
- Spectre rayonné en mode commun
- Alerte avant la mesure du rayonnement
- Réduction du rayonnement de M.C.

### 12 – PROTECTIONS EN CONDUCTION

- Méthodes de protection BF
- Liaisons non symétriques ou différentielles
- Isolement galvanique
- Eclateurs, varistances, transzorb
- Méthodes de protection HF
- Choix de la structure d'un filtre
- Les 3 règles de montage des filtres secteur
- Filtrage des entrées à bas-niveaux
- Les tores de ferrite, choix du nombre de spires

### 13 – CÂBLES BLINDÉS

- Câbles blindés et coaxiaux
- Impédance de transfert
- Effet réducteur d'une paire blindée
- Ou raccorder un câble blindé
- Mise en œuvre des câbles blindés

### 14 – BLINDAGE

- Champ proche / champ lointain
- Pertes par réflexion et par absorption
- Efficacité de blindage
- Choix du matériau de blindage
- Nécessité des ouvertures
- Ouverture dans un blindage
- Couples électrochimiques
- Joints conducteurs et doigts ressorts
- Métallisation des plastiques

### 15 – REVUE DE CONCEPTION

- Accompagnement CEM d'un projet
- Maîtrise des choix initiaux
- Les revues CEM