

# FORMATION 2024

ÉLECTRONIQUE  
ÉLECTROMAGNÉTIQUE  
ÉLECTRICITÉ  
MÉCANIQUE- CLIMATIQUE



Aemc  
Sopemea  
apave

Sopemea  
apave

## FORMATIONS : CEM, ESSAIS D'ENVIRONNEMENT, NORMES



Depuis bientôt 35 ans, **AEMC** forme et conseille les entreprises dans tous les métiers de l'industrie électrique et électronique. Référent dans le domaine de la Compatibilité Electromagnétique (CEM), AEMC est l'organisme de formation de **SOPEMEA**, filiale Essais et Mesures du groupe APAVE spécialisée en accompagnement à la qualification et les essais en environnement.

### AEMC et SOPEMEA vous proposent :

- Des formations par métier pour parler le langage de chacun et répondre de façon optimale aux problèmes concrets de tous les stagiaires.
- Des formations dispensées par des intervenants professionnels expérimentés qui sauront répondre à vos problématiques.
- Un ensemble de modules de formation basés sur une approche pratique qui utilise des démonstrations ou les moyens d'essais de nos laboratoires.
- Nos formations Inter Entreprises sont accessibles aux personnes à mobilité réduite, sauf site de Lyon.

Pour tout complément d'informations, contactez notre référent handicap dédié Formation à l'adresse mail suivante : [mail@aemc.fr](mailto:mail@aemc.fr)

### Formation Intra Entreprises :

Toutes nos formations Intra Entreprises peuvent être proposées en présentiel ou distanciel :

- Programme adapté à votre besoin.
- Maîtrise du calendrier avec possibilité de répartir la formation en plusieurs sessions.

Certaines formations sont proposées uniquement en INTRA (le programme et le nombre de jours peuvent être adaptés) :

#### INTÉGRATION ET CÂBLAGE CEM D'UN ÉQUIPEMENT - 3 JOURS

Le but de cette formation est de :

- Prendre connaissance des exigences réglementaires pour le marquage CE
- Apprendre à identifier les risques CEM de la machine
- Pouvoir identifier les principales sources de perturbation
- Savoir reconnaître et comprendre les mécanismes de couplage mis en jeu
- Maîtriser les méthodes de protection adaptées et leurs mises en œuvre industrielles
- Savoir adopter une démarche pour la résolution de problèmes CEM

#### CEM APPLIQUÉE AU FERROVIAIRE - 3 JOURS

Le but de cette formation est de :

- Apprendre à identifier les risques CEM pour un système ou une installation
- Pouvoir identifier les principales sources de perturbation
- Savoir reconnaître et comprendre les mécanismes de couplage mis en jeu
- Maîtriser les méthodes de protection adaptées, leurs mises en œuvre industrielles et vérifier leur efficacité
- Pouvoir prendre en compte les exigences réglementaires liées à l'exposition humaine aux champs électromagnétiques
- Maîtriser les risques de la cohabitation de 2 systèmes de communication HF.

#### CEM DES RADIOCOMMUNICATIONS - 4 JOURS

Objectifs :

À l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de maîtriser les principes d'une transmission radioélectrique et les diverses causes de brouillage ou de désensibilisation. Il saura protéger un système radio (filtrage, isolation, multiplexage, protection foudre).

Le but de cette formation est de :

- D'appréhender les principes de base d'une transmission radioélectrique
- Comprendre les principaux modèles de propagation, du fading et du niveau de bruit radioélectrique en pied d'antenne
- Savoir effectuer des mesures radiofréquences (bruits radioélectriques, harmoniques, produits d'intermodulation active ou passive...)
- Savoir appliquer la méthode d'analyse et d'évaluation chiffrée d'une liaison radio
- Être capable de trouver des solutions pratiques à différents problèmes : blocage, désensibilisation, RNE, intermodulations, protection foudre...

Programme à définir sur demande : [mail@aemc.fr](mailto:mail@aemc.fr) ou 04 76 49 76 76

## ESSAIS, EXPERTISE ET INGÉNIERIE : LAISSEZ VOUS ACCOMPAGNER



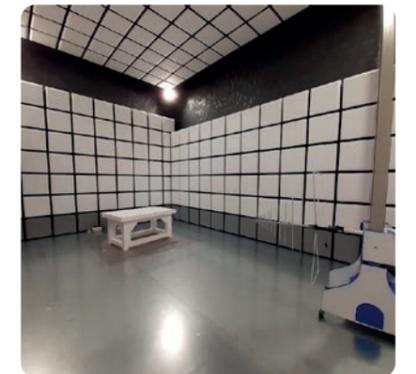
**SOPEMEA**, filiale du Groupe **APAVE**, est spécialisée dans la qualification d'équipements.

Depuis plus de 70 ans, **SOPEMEA** propose à ses clients une gamme complète de services d'études (simulation numérique) et d'essais pour tester tout type de matériels et d'équipements dans les domaines mécaniques, climatiques, électriques, hydrauliques et de la compatibilité électromagnétique, marquage CE et mesures sur site.

**SOPEMEA** couvre les marchés de l'Aéronautique, du Spatial, de la Défense, du Ferroviaire, de l'Énergie et du Nucléaire, de l'Automobile, du Médical, des équipements industriels grand public et des objets connectés. Les laboratoires français de **SOPEMEA** sont agréés **CIR**, **CII** et accrédités **COFRAC** en France et **UKAS** au Royaume-Uni.

### SOPEMEA propose une gamme de prestations pour vous accompagner :

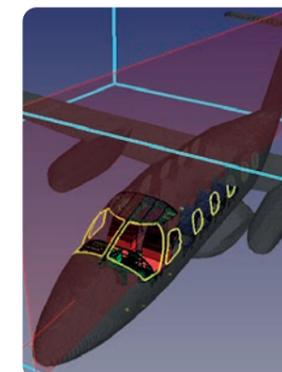
#### ESSAIS ENVIRONNEMENT MÉCANIQUE, CLIMATIQUE ET CEM



#### EXPERTISE ET ÉTUDE



#### SIMULATION NUMÉRIQUE



#### FORMATION



#### MAINTENANCE



| TITRE DES STAGES   | Nbre de jours | Web Classe Prix HT | Présentiel Prix HT | Mars           | Avril      | Mai | Juin           | Septembre   | Octobre          | Novembre       | Décembre    | PAGE |
|--|---------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|-----|----------------|-------------|------------------|----------------|-------------|------|
| <b>GÉNÉRALITÉS</b>   |               |                    |                    |                |            |     |                |             |                  |                |             |      |
| Introduction à la CEM - <b>NOUVEAU PROGRAMME</b>                             | 3             |                    | 1 720 €            |                | Lyon 09-11 |     | Paris 11-13    |             |                  | Paris 26-28    |             | 8    |
| Marquage CE  | 1             | 660 €              |                    |                |            |     |                |             | Web Classe 08    |                |             | 9    |
| <b>CONCEPTION</b>  |               |                    |                    |                |            |     |                |             |                  |                |             |      |
| Blindage des équipements   | 2             |                    | 1 280 €            |                |            |     |                |             |                  | Paris 05-06    |             | 10   |
| CEM en Aéronautique  | 3             |                    | 1 720 €            |                |            |     |                |             |                  | Toulouse 19-21 |             | 11   |
| CEM des automobiles  | 3             |                    | 1 720 €            |                |            |     |                |             | Paris 08-10      |                |             | 12   |
| Conception CEM des équipements   | 4             |                    | 2 250 €            |                |            |     | Grenoble 04-07 |             |                  | Paris 19-22    |             | 13   |
| Perfectionnement CEM : composants et cartes électroniques                    | 3             |                    | 1 810 €            |                |            |     |                |             |                  |                | Paris 17-19 | 14   |
| Perfectionnement CEM : protections et câblage                                | 2             |                    | 1 340 €            |                |            |     |                |             |                  | Paris 19-20    |             | 15   |
| Intégrité du signal  | 4             |                    | 2 360 €            |                |            |     |                |             | Paris 01-04      |                |             | 16   |
| Investigation et mise au point CEM   | 3             |                    | 1 720 €            |                |            |     |                | Paris 24-26 |                  |                |             | 17   |
| Tracé des cartes électroniques   | 3             |                    | 1 720 €            |                |            |     |                |             |                  |                | Paris 17-19 | 18   |
| <b>INSTALLATION</b>  |               |                    |                    |                |            |     |                |             |                  |                |             |      |
| CEM des mesures physiques  | 3             |                    | 1 720 €            |                |            |     |                |             |                  |                | Paris 10-12 | 19   |
| Exposition humaine aux champs électromagnétiques                             | 2             |                    | 1 280 €            |                |            |     | Paris 25-26    |             |                  |                |             | 20   |
| CEM des systèmes et installations  | 4             |                    | 2 250 €            |                |            |     | Paris 18-21    |             | Grenoble 01-04   |                | Paris 03-06 | 21   |
| Sensibilisation au risque ESD dans l'industrie électronique - <b>NOUVEAU</b> | 0,5           |                    | 400 €              |                |            |     |                |             | Paris 11 (matin) |                |             | 22   |
| Maîtrise du risque ESD dans l'industrie - <b>NOUVEAU</b>                     | 1             |                    | 820 €              |                |            |     |                |             |                  | Paris 07       |             | 23   |
| Protection foudre des installations industrielles et tertiaires              | 2             |                    | 1 280 €            |                |            |     |                |             | Paris 15-16      |                |             | 24   |
| <b>SIMULATION</b>  |               |                    |                    |                |            |     |                |             |                  |                |             |      |
| Simulation CEM 3D - <b>NOUVEAU</b>   | 2             |                    | 1 340 €            |                |            |     |                | Paris 18-19 |                  |                |             | 25   |
| SPICE & CEM  | 4             |                    | 2 360 €            |                |            |     |                |             | Paris 08-11      |                |             | 26   |
| <b>MESURES CEM</b>   |               |                    |                    |                |            |     |                |             |                  |                |             |      |
| Mesures CEM civiles  | 3             |                    | 1 720 €            |                |            |     |                | Paris 24-26 |                  |                |             | 27   |
| Mesures CEM aéronautiques et militaires                                      | 3             |                    | 1 720 €            | Toulouse 26-28 |            |     |                |             |                  | Paris 05-07    |             | 28   |
| Difficultés de mesure CEM  | 3             |                    | 1 810 €            |                |            |     |                |             |                  |                | Paris 10-12 | 29   |
| Contrôles des chaînes de mesures CEM & incertitudes                          | 3             |                    | 1 810 €            |                |            |     |                |             |                  | Paris 26-28    |             | 30   |
| <b>RADIOCOM</b>  |               |                    |                    |                |            |     |                |             |                  |                |             |      |
| Intégration de solutions radiofréquences                                     | 3             |                    | 1 810 €            |                |            |     |                |             |                  | Grenoble 26-28 |             | 31   |
| <b>CONVERTISSEURS</b>  |               |                    |                    |                |            |     |                |             |                  |                |             |      |
| CEM des convertisseurs   | 4             |                    | 2 360 €            |                |            |     |                |             |                  |                | Paris 03-06 | 32   |

| TITRE DES STAGES   | Nbre de jours | Présentiel<br>Prix HT | Mars            | Avril | Mai | Juin            | Septembre | Octobre         | Novembre        | Décembre        | PAGE |
|--|---------------|-----------------------|-----------------|-------|-----|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
| <b>GÉNÉRALITÉS : ESSAIS D'ENVIRONNEMENT</b>                          |               |                       |                 |       |     |                 |           |                 |                 |                 |      |
| SOP0501 - Encadrez et suivez vos essais mécanique, climatique et CEM | 2             | 1 730 €               |                 |       |     |                 |           |                 |                 | Vélizy<br>10-11 | 33   |
| <b>ESSAIS MÉCANIQUES</b>   |               |                       |                 |       |     |                 |           |                 |                 |                 |      |
| SOP0502 - Les fondamentaux en calcul dynamique de structure          | 2             | 1 560 €               |                 |       |     |                 |           | Vélizy<br>02-03 |                 |                 | 34   |
| SOP0503 - Les fondamentaux des essais de vibration                   | 3             | 2 190 €               | Vélizy<br>19-21 |       |     |                 |           | Vélizy<br>15-17 |                 |                 | 35   |
| SOP0504 - Les fondamentaux des essais climatiques                    | 2             | 1 560 €               |                 |       |     |                 |           |                 | Vélizy<br>20-21 |                 | 36   |
| SOP0801 - Les fondamentaux en séisme                                 | 2             | 1 960 €               | Vélizy<br>26-27 |       |     | Vélizy<br>25-26 |           |                 | Vélizy<br>26-27 |                 | 37   |

### Remarques concernant les conditions d'accès à nos locaux

Compte tenu de certaines de ses activités réalisées dans le domaine de la défense, la Société SOPEMEA est un établissement à accès réglementé.

De ce fait, afin de pénétrer dans ses locaux, toute personne ne faisant pas partie de la Société doit impérativement être en possession d'une pièce justifiant de son identité en cours de validité si elle est ressortissante d'un pays de la communauté européenne.

Pour les visiteurs non ressortissants de la communauté européenne, une autorisation préalable doit être demandée à nos autorités de tutelles. Cette demande, accompagnée d'une copie de passeport en cours de validité doit être formulée un mois minimum avant la date de la visite par l'intéressé auprès de SOPEMEA.

(Nota : une demande d'accès n'implique pas systématiquement que l'autorisation soit délivrée par nos autorités de tutelle)

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire comprendra les enjeux de la CEM et aura acquis des bases certaines par un tour d'horizon des phénomènes et paramètres de cette discipline.

### Le but de cette formation est de :

- Découvrir le vocabulaire en CEM
- Être capable d'analyser le comportement des équipements : perturbateurs, victimes
- Être capable d'analyser les couplages entre source et victime
- Appréhender les différentes normes et essais

## À SAVOIR

### Public

- Tout public

### Postulats

- Pas de connaissance en électricité
- Pas de connaissance mathématique

### Méthodes pédagogiques

- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations pratiques si possible et effectuées par l'instructeur
- 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 : 3 jours soit 21 h

- Lyon, du 09 au 11 avril 2024
- Paris, du 11 au 13 juin 2024
- Paris, du 26 au 28 novembre 2024

### Tarif

1 720 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Définition et origine de la CEM
- Evolution de l'électronique
- Exemple d'interférence radio
- Exemples de problèmes CEM
- La CEM : du concept à l'exploitation

### 2 – LA PHYSIQUE DU DOMAINE

- Analogie entre électromagnétisme et acoustique
- Acoustique : rayonnement et conduction
- Electromagnétisme : rayonnement et conduction
- Limite conduction / rayonnement
- Comportement en fréquence
- Représentation spectrale d'un signal sinusoïdal et trapézoïdal
- Relation temps-fréquence
- Propagation des perturbations en CEM
- Caractérisation CEM des équipements
- Définition d'une onde électromagnétique
- Utilisation du spectre radioélectrique
- Décibels : définitions et utilisation
- Rappels d'électronique
- Mode commun / mode différentiel
- Détection d'enveloppe des composants
- Sensibilité des composants numériques
- Impédance haute fréquence d'un conducteur filaire, d'un plan
- Impédance haute fréquence d'un plan métallique
- Impédance haute fréquence d'un condensateur

### 3 – LES SOURCES DE PERTURBATIONS

- Emetteurs radio
- La foudre : origine et caractéristiques
- Effets mécaniques et thermiques de la foudre
- Paratonnerres : protection des structures
- Dôme de potentiel dans le sol
- Tension développée dans les grandes structures métalliques
- Champ magnétique généré par la foudre : couplage sur les installations électriques
- Décharges électrostatiques : principe, ordres de grandeur
- Risque de destruction des composants par manipulation
- Perturbations transitoires dans les systèmes de coupure
- Convertisseurs de puissance à découpage
- Variateurs de vitesse
- Conséquences du rayonnement des circuits numériques rapides

- Rayonnement des transformateurs de puissance
- Appareils industriels haute fréquence

### 4 – EXPOSITION HUMAINE

- Risques et enjeux de l'exposition aux ondes électromagnétiques
- Effets biologiques
- Réglementation Européenne public et travailleurs

### 5 – PHASE DE CONCEPTION : DÉFINITION DES OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES CEM

- Risques et enjeux des objectifs réglementaires CEM
- Différentes réglementations CEM dans le monde
- Réglementation CEM Européenne
- Domaine d'application de la directive CEM
- Principe de l'autocertification
- Déclaration UE de conformité
- Marquage CE
- Normes CEM harmonisées
- Certification internationale

### 6 – PHASE DE CONCEPTION : RÈGLES CEM DE CONCEPTION

- Enjeu du suivi des règles CEM de conception
- Equipotentialité : clé de la CEM
- Analogie avec l'équipotentialité mécanique
- Couplage par les masses
- Couplage capacitif carte / environnement
- Liaison du 0V au châssis
- Couplage en champ électrique
- Protection d'une piste par plan de masse
- Les filtres CEM : structures, schémas et mise à œuvre
- Tores de ferrite : principe, matériaux, caractéristiques
- Selfs de mode commun
- Isolements galvaniques
- Câbles blindés : principe, efficacité
- Importance de la terminaison des blindages
- Blindages des câbles : exemples de mise en œuvre et de solutions de raccordement
- Cas des perturbations basses fréquences
- Différents types de surtensions
- Rôle et caractéristiques des limiteurs
- Présentation et maîtrise des perturbations générées par les convertisseurs à découpage
- Rôle des blindages électromagnétiques
- Choix des matériaux
- Importance de la mise en œuvre des blindages
- Modélisation CEM : utilisation d'outils gratuits

- SPICE : applications en CEM
- Maxwell2D
- Simulation des diagrammes de rayonnements

### 7 – PHASE DE PROTOTYPE : RÉALISATION

- Enjeux CEM en phase de prototype
- Origines du rayonnement d'un équipement électronique
- Mesures d'émission rayonnée
- Outils de préqualification
- Utilisation d'une pince de courant haute fréquence
- Méthode de mise au point CEM d'un équipement

### 8 – PHASE DE QUALIFICATION

- Enjeux CEM en phase de qualification
- But des mesures d'émission
- Analyseur de spectre
- Mesure des perturbations conduites
- Exemples de limites
- Emission rayonnée
- Antennes utilisées en CEM
- Sites de mesure – Cages de Faraday
- But des essais d'immunité
- Essais de décharges électrostatiques
- Immunité aux transitoires rapides
- Immunité aux surtensions
- Immunité conduite et rayonnée aux émetteurs radio
- Exemples d'essais en automobile
- Immunité au rayonnement des transformateurs de puissance
- Creux de tension, coupures brèves

### 9 – PHASE D'INSTALLATION

- Enjeux CEM en phase d'installation
- Terre / masses : définitions
- Rôle du réseau de terre
- Conducteurs de sécurité
- Importance d'un réseau de masse maillé – Equipotentialité
- Effet réducteur des chemins de câbles métalliques
- Schémas de neutre en distribution électrique BT
- Schéma TT,TN,IT
- Ségrégation des câbles

### 10 – PHASE D'EXPLOITATION

- Enjeux CEM en phase d'exploitation
- Que faire en cas de problème CEM sur site ?
- Outils d'investigation
- Solutions de protection
- Méthodologie d'analyse d'un problème CEM

### 11 – CONCLUSION

- Importance de la prise en compte de la CEM à toutes les étapes d'un projet
- Bibliographie

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire connaîtra les exigences applicables à la mise sur le marché européen des équipements électriques et électroniques.

### Le but de cette formation est de :

- Appréhender les structures des directives
- Connaître les responsabilités des différents acteurs
- Connaître et adapter les procédures d'évaluation à la conformité
- Savoir identifier et suivre l'évolution de la normalisation technique

## À SAVOIR

### Public

- Personnel chargé de la mise sur le marché
- Personnes chargées de la qualification des matériels

### Postulats

- Aucune connaissance technique n'est nécessaire

### Méthodes pédagogiques

- 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 ou en distanciel
- 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 : 1 jour soit 7 h

- Web Classe, 08 octobre 2024

### Tarif

Web Classe : 660 € HT

## PROGRAMME

### 1 – LA NOUVELLE APPROCHE

- Le marché Européen : contexte historique
- Historique des directives Européennes
- Principe des directives « Nouvelle Approche »
- Principales directives applicables
- Eléments d'une directive
- Conformité aux exigences essentielles
- Norme harmonisée
- Normes harmonisées : Interprétation du JOUE
- Eléments de la déclaration UE de conformité
- Exemple de déclaration UE de conformité
- Documentation technique
- Notice technique
- Marquage CE

### 2 – LES ACTEURS

- Directive nouvelle approche : Fabricant
- Responsabilités des fabricants
- Directive nouvelle approche : Mandataire
- Directive nouvelle approche : Importateur
- Responsabilités des importateurs
- Directive nouvelle approche : Distributeur
- Responsabilités des distributeurs - 1
- Mise sur le marché
- Mise à disposition

### 3 – DIRECTIVE CEM

- Directive CEM : Historique
- Directive européenne CEM – Exigences essentielles
- Directive européenne CEM – Domaine d'application
- Directive européenne CEM – Classification
- Directive européenne CEM – Procédure d'évaluation
- Directive européenne CEM – Installation
- Directive européenne CEM – Normes harmonisées
- Exemple de norme CEM – Définition des tests

### 4 – DIRECTIVE BASSE TENSION

- Directive Basse Tension : Historique
- Directive 2006/95/CE : Domaine d'application
- Directive 2006/95/CE : Exigences essentielles
- Directive 2014/35/UE : Annexe 1 – Partie 1
- Directive 2014/35/UE : Annexe 1 – Partie 2
- Directive 2014/35/UE : Annexe 1 – Partie 3
- Directive 2014/35/UE : Procédure d'évaluation
- Principales normes de sécurité
- EN 61010 : Conditions d'essais
- EN 61010 : Risques électriques (1)
- EN 61010 : Risques électriques (2)
- EN 61010 : Risques mécaniques
- EN 61010 : Autres risques

### 5 – DIRECTIVE RADIO

- Directive Radio : Historique
- Directive 2014/53/UE : Domaine d'application
- Directive 2014/53/UE : Exigences essentielles
- Directive 2014/53/UE : Evaluation de la conformité
- Directive 2014/53/UE : Documentation technique
- Directive 2014/53/UE : Déclaration de conformité
- Recommandation 70-03
- REC 70-03 : exemple 1
- Intégration d'une fonction radio : Définitions
- Intégration d'une fonction radio : Scénarios
- Exigences réglementaires en fonction des scénarios

### 6 – DIRECTIVE ROHS

- Directive RoHS 2011/65/UE
- Domaines d'application
- Catégorie de produits
- Dates d'application
- Evaluation de la conformité

### 7 – AUTRES DIRECTIVES

- Matériel ATEX
- Matériel médical
- Matériel de comptage

# 10 Blindage des équipements

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de concevoir un coffret électronique en intégrant des notions de blindage et en optimisant les méthodes de protection.

Le but de cette formation est de :

- Comprendre la théorie du blindage
- Être capable d'analyser et traiter les ouvertures
- Maîtriser le câblage et le filtrage des interfaces d'entrée/sortie
- Assimiler les techniques de métallisation des boîtiers
- Apprendre à mesurer un blindage

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de bureau d'étude
- Concepteur de coffret

### Postulats

- Pas de connaissance nécessaire en CEM
- Pas de connaissance mathématique

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 ou en distanciel
- 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 : 2 jours soit 14 h

- Paris, du 05 au 06 novembre 2024

### Tarif

1 280 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Caractérisation CEM des équipements
- Mode commun / Mode différentiel
- Origines du courant de mode commun
- Les 2 types de rayonnements électroniques
- Rayonnement carte / fond de panier
- Impédance des conducteurs cylindriques
- Rôles d'un écran
- Définition de l'efficacité de blindage
- Raccordement du 0 V au châssis
- Utilisation des décibels

### 2 – BLINDAGES : THÉORIE

- Qu'est-ce qu'un champ ?
- Propagation et couplage entre les champs E et H
- Zone de champ proche / champ lointain
- Modes de fonctionnement d'un écran
- Impédance d'un écran
- Réflexion selon l'impédance du champ
- Épaisseur de peau / absorption
- Abaques de Cowdell
- Blindage : critères de choix
- Matériaux magnétiques ou non
- Champs très basse fréquence
- Champ magnétique et induction
- Déflexions des lignes de champ
- Risque de saturation

### 3 – BLINDAGES RÉELS

- Nécessité des ouvertures
- Principe de calcul
- Atténuation de blindage d'une fente
- Atténuation d'une grille
- Cas des ouvertures multiples
- Efficacité d'une ouverture guide
- Exemple de guide / Nids d'abeilles
- Efficacité de blindage d'un coffret
- Exemple d'écran « électrostatique »
- Exemple d'écran magnétique
- Exemples de blindages sur carte
- Exemples d'écrans soudés / amovibles
- Utilisation de sondes de champ proche

### 4 – TRAITEMENT DES CÂBLES

- Effet d'antenne des câbles
- Effet réducteur d'un plan de masse
- Exemple de câblage interne
- Les 3 méthodes anti-mode commun H.F.
- Circulation des courants HF
- Mise en œuvre des connecteurs
- Regroupement des entrées / sorties
- Filtres en traversée de paroi
- Montage des filtres / exemples
- Impédance de transfert de câbles blindés
- Relation entre Zt et efficacité de blindage
- Raccordement des connecteurs blindés
- Étapes de mise au point d'un blindage
- Tubes et textiles pour surblindage

### 5 – AMÉLIORATION D'UN BLINDAGE

- Principe général
- Points « chauds »
- Criticité des fuites
- Réduction de fuite par effet de chicane
- Valeur de l'effet de chicane
- Exemple d'effet de chicane
- Capot en fer étamé
- Résonances de coffret et amortissement
- Exemple de matériau absorbant
- Les 2 topologies pour visualisation
- Traitement des organes accessibles
- Accessoires de blindage : exemples
- Efficacité d'un joint conducteur
- Effet de la pression / déformation
- Mise en œuvre d'un joint conducteur
- Attention à la colle des joints adhésifs
- Doigts conducteurs et ressorts
- Couples électrochimiques
- Utilisation des doigts-ressorts
- Qualité nécessaire selon la zone
- Couples électrochimiques
- Câblage interne
- Coordination électronique / mécanique
- Connecteurs filtrants de fortune
- Erreurs récurrentes
- Contrôle visuel
- Coffrets blindés industrialisés
- Méthode de l'ampoule électrique
- Chromage de l'aluminium

### 6 – BOÎTIERS PLASTIQUES

- Composites conducteurs
- Peintures conductrices
- Zingage par arc / à la flamme
- Métallisation sous vide / cathodique
- Dépôts chimiques / électrolytiques
- Coffrets plastiques métallisés
- Blindage simple en boîtier plastique
- Mesure simple d'un revêtement

### 7 – MESURES DE BLINDAGE

- Mesure pratique d'atténuation
- Calibrage avant mesure
- Mesure d'un petit coffret
- Norme CEI 61587-3
- Norme IEEE 299
- Procédure de mesure recommandée

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable d'analyser les plans de qualification et les contraintes fortes - dont celles de la foudre - des équipements aéronautiques. Il saura mettre en œuvre les solutions pratiques aux problèmes de conduction ou de rayonnement électromagnétique.

Le but de cette formation est de :

- Avoir une vue d'ensemble des exigences des normes aéronautiques
- Appréhender les caractéristiques particulières des alimentations en aéronautique
- Savoir identifier et maîtriser les couplages électromagnétiques sur les équipements et systèmes
- Concevoir et optimiser les solutions de filtrage et protection HF
- Concevoir et optimiser les parasurtenseurs

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de conception en aéronautique
- Ingénieurs et techniciens de tests et mesures électromagnétiques pour l'aéronautique
- Concepteurs et intégrateurs de systèmes aéronautiques ou spatiaux

### Postulats

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur
- Niveau de base en mathématique de tout technicien supérieur
- Une connaissance - même sommaire - des cahiers des charges aéronautiques est souhaitable

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 : 3 jours soit 21 h

- Toulouse, du 19 au 21 novembre 2024

### Tarif

1 720 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- La CEM et la fonctionnalité
- L'environnement aéronautique
- Méthode d'analyse de la CEM
- Qualification et maîtrise des marges
- Les 6 couplages électromagnétiques
- Mode différentiel et mode commun
- Basses et hautes fréquences
- L'échelle des décibels
- Détection d'enveloppe
- Marge de bruit
- Immunité hors bande des circuits
- Zonage d'un aéronef
- Événements singuliers (« SEE »)

### 2 – VUE D'ENSEMBLE DE LA DO-160

- Normes et cahiers des charges
- Protection électromagnétique : principes
- Section 15 : Effet magnétique
- Section 16 : Entrées de puissance
- Section 17 : Pics de tension
- Section 18 : Susceptibilité audiofréquence
- Section 19 : Induction sur les signaux
- Section 20 : Susceptibilité RF
- Limites d'immunité RF
- Les tests de BCI
- Tests d'immunité rayonnée - CRBM
- Section 21 : Émission d'énergie RF
- Mesure des perturbations conduites
- RSIL 5 et 50 µH et leurs effets
- Mesures à la pince de courant
- Limites d'émission RF en conduction
- Limites d'émission RF en rayonnement
- Ecart entre DO-160 et MIL-STD
- Section 22 : Effets indirects de foudre
- Les 6 formes d'onde de foudre induite
- Formes d'ondes théoriques et réelles
- Section 23 : Effets directs de la foudre
- Charges statiques de structure et DES
- Section 25 : Décharges électrostatiques

### 3 – CONVERTISSEURS DE PUISSANCE

- Convertisseur aéronautique : particularités
- Mode commun d'une alimentation
- Mode commun d'entrée à sortie
- Différences entre RSIL 5 µH et 50 µH
- Filtrage du mode commun non isolé
- Filtrage du MC d'alimentation isolée
- Réduction du mode commun entrée à sortie
- Pièges des filtres d'alimentation
- Mode différentiel d'une alimentation
- Filtrage du mode différentiel
- Amortissement d'une résonance
- Bruit de recouvrement des diodes
- Harmoniques d'un pont dodécaphasé
- Différences de niveau entre lignes
- Influence de la puissance fournie

### 4 – COUPLAGE PAR IMPÉDANCE COMMUNE

- Impédance commune dans un câble
- Impédance d'un plan de cuivre
- Impédance des conducteurs / pistes
- Découplage d'alimentation - principe
- Cartes mixtes analogique / numérique
- Impédances « cachées » d'un connecteur

- Impédance de transfert d'un aéronef
- « Ground Reference fluctuation » (GRF)
- Nombre de couches et de plans de 0 V
- Emplage recommandé de couches

### 5 – COUPLAGE CARTE À CHÂSSIS

- Couplage capacitif carte à châssis
- Capacité totale entre carte et masse
- Faut-il faire flotter un 0 V ?
- 0 V flottant : routage et disposition
- Raccordement du 0 V au châssis
- Réduction de « l'effet de main »

### 6 – DIAPHONIES

- Tension de boucle
- Calcul d'une tension de boucle
- Réduction du couplage champ à boucle
- Courant d'antenne
- Effet du plan de masse
- Calcul du courant de BCI
- Réduction du couplage champ à fil

### 7 – COUPLAGE CHAMPS À CÂBLES

- Tension de boucle
- Calcul d'une tension de boucle
- Réduction du couplage champ à boucle
- Courant d'antenne
- Effet du plan de masse
- Calcul du courant de BCI
- Réduction du couplage champ à fil

### 8 – ÉMISSION RAYONNÉE

- Rayonnement d'une petite boucle
- Enveloppe du spectre rayonné en MD
- Réduction du rayonnement à la source
- Évolution des spectres rayonnés
- Origines des courants de MC HF
- Spectre du rayonnement des câbles
- Réduction des perturbations HF

### 9 – FILTRES ET LIMITEURS DE SURTENSIONS

- Les divers limiteurs de surtensions
- Nécessité d'un filtrage passif en entrée
- Tenue d'une résistance en impulsion
- Puissance de Transzorb selon son boîtier
- Tension résiduelle d'une Transzorb
- Dimensionnement d'une Transzorb
- Composants anti-mode commun BF
- Immunité d'une liaison différentielle
- Tenue diélectrique et loi de Paschen
- Filtres et tores de ferrite en aéronautique

### 10 – CÂBLES, CONNECTEURS ET COFFRETS BLINDÉS

- Impédance de transfert d'un câble blindé
- Calcul de la tension résiduelle induite
- Efficacité de blindage selon Zt
- Effet réducteur d'une paire blindée
- Surblindages et connecteurs blindés
- Mise en œuvre des écrans de câbles
- Connecteurs filtrants et IEM
- Fente dans un blindage
- Résonances de coffret et amortissement
- Joints conducteurs / vitres blindées
- Mise au point d'un blindage

# 12 CEM des automobiles

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de concevoir et d'intégrer des modules électroniques en automobile en prenant en compte les modes de couplage et en limitant les effets des différentes sources, y compris les interférences radio.

### Le but de cette formation est de :

- Savoir évaluer l'environnement CEM intra et externe au véhicule
- Être capable d'identifier les risques CEM des SEEE en fonction de la source de perturbation externe ou interne au véhicule
- Savoir choisir les solutions de blindage et filtrage CEM à mettre en œuvre
- Connaître la réglementation en vigueur pour un véhicule et un SEEE

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens en charge du développement des systèmes électroniques automobile
- Ingénieurs et techniciens en charge de la mise en œuvre de l'assemblage

### Postulats

- Connaissances de base en électricité
- Aucune connaissance préalable en CEM

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 : 3 jours soit 21 h

- Paris, du 08 au 10 octobre 2024

### Tarif

1 720 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION - RAPPELS

- Introduction : La CEM en automobile
- Caractérisation CEM d'un équipement auto
- CEM interne véhicule : Sources / Victimes permanentes
- CEM interne et véhicule : confrontation sources / victimes
- Les 2 modes : commun / différentiel
- Rappel : unités et terminologies CEM
- Spectre bande étroite / bande large
- Conversion temps - fréquence

### 2 – ENVIRONNEMENT EMI

- Valeurs typiques de champs rayonnés par des émetteurs usuels
- Environnement radioélectrique routier (France)
- Champs forts radio générés dans un véhicule
- Signatures de perturbateurs sur véhicules
- Charges statiques en automobiles
- Perturbations du réseau de bord automobile

### 3 – SUSCEPTIBILITÉS DES CIRCUITS LOGIQUES ET ANALOGIQUES

- Réponse des circuits à un parasite HF
- Marges statiques des logiques courantes
- Fréquence équivalente des logiques courantes
- Surconsommation de transition
- Taux d'erreurs binaires avec / sans codage
- Capteurs et transducteurs en automobile
- Rapport signal / bruit
- Détection d'enveloppe
- Caractérisation des entrées et sorties d'un ampli OP

### 4 – PARASITAGE PAR LES MASSES

- Couplage par une impédance commune (C.I.C.)
- Impédance d'un plan de masse
- Impédance des plans de cuivre et d'acier
- Impédance HF des pistes de circuit imprimé
- Impédance des conducteurs circulaires
- Points critiques de mise à la masse sur véhicules
- Exercice : parasitage par impédance commune
- Comparaison analogique / numérique
- Calcul du bruit d'alimentation
- Réduction de l'impédance d'alimentation
- Réseaux d'alimentation maillés
- Mélanges AN./NUM./Courants forts dans les masses

### 5 – BOUCLE DE MASSE : SOLUTIONS

- Conversion MC - MD
- Couplage capacitif carte à châssis
- Capacité totale entre carte et plan de masse
- Masse mécanique / masse électrique
- Effets de bord

### 6 – DIAPHONIE

- Diaphonie capacitive et magnétique : analyse
- Capacité linéique piste à piste
- Couplage capacitif fil à fil
- Couplage inductif fil à fil
- Réduction de la diaphonie par plan de masse
- Règles de câblage pour faisceaux véhicule

### 7 - COUPLAGE CHAMP À BOUCLE / CHAMP À FIL

- Propagation des champs
- Tension de boucle
- Approximation de tension induite champ - boucle
- Torsade des conducteurs
- Antennes fouet et dipôle
- Couplage « champ électrique à câbles »
- Réduction du champ par plan de masse

### 8 - RAYONNEMENT DES ÉLECTRONIQUES

- Les deux types de rayonnement des électroniques
- Spectre d'un train trapézoïdal
- Rayonnement d'une petite boucle
- Spectre rayonné en mode différentiel
- Pourquoi se méfier des horloges ?
- Rayonnement d'un petit fouet
- Origines du courant de mode commun
- Spectre rayonné en mode commun
- Perturbations d'un système d'injection

### 9 – BLINDAGE

- Comment un blindage fonctionne-t-il ?
- Champ proche / champ lointain
- Pertes par réflexion / absorption
- Choix du matériau de blindage
- Blindage des traitements conducteurs
- Atténuation d'une ouverture dans une paroi mince
- Étapes de mise au point d'un blindage

### 10 - PROTECTION EN CONDUCTION

- Les 3 méthodes de protection en MC BF
- Les 3 méthodes anti-mode commun H.F.
- Immunité des liaisons numériques véhicule
- Immunité du bus CAN
- Détection d'enveloppe des optocoupleurs
- Filtres CEM en électronique automobile
- Circuits de filtres et impédances
- Condensateurs et filtres pour circuit imprimé
- Atténuation due à l'impédance d'une batterie
- Problème du filtrage 12 V
- Filtrage et protection des entrées / sorties
- Performances de différents ferrites CEM
- Principaux parasurtensions
- Antiparasitage des bobines
- Câbles blindés et coaxiaux
- Raccordement des écrans de câbles blindés
- Importance de la mise à la masse des embases
- Autoradio : Parasitage par le coaxial d'antenne

### 11 - NORMALISATION

- Directive Automobile : Références et application
- Réglementation R10 03
- Cahiers des charges constructeurs
- Norme ISO 7637-X
- Norme ISO 11452-X

# Conception CEM des équipements 13

## 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

### Postulats

- Niveau technicien en électronique
- Niveau bac en mathématiques

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 04 au 07 juin 2024
- Paris, du 19 au 22 novembre 2024

### Tarif

2 250 € 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

# Perfectionnement CEM : composants et cartes électroniques

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de prendre en compte l'ensemble des paramètres clés de la conception électronique d'un équipement en approfondissant ses connaissances des composants, des circuits imprimés des cartes à faible niveau de bruit ou avec des circuits rapides. Il saura traiter conjointement les notions de CEM et de fonctionnalité.

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de conception en électronique

### Postulats

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur  
- Expérience préalable en conception électronique ou avoir suivi le module Conception CEM

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats  
- 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 : 3 jours soit 21 h  
  
• Paris, du 17 au 19 décembre 2024

### Tarif

1 810 € HT

## Le but de cette formation est de :

- Maîtriser les choix initiaux de conception
- Maîtriser la CEM des composants
- Être capable de comprendre et maîtriser la diaphonie et le routage des circuits imprimés
- Appréhender les effets de ligne de transmission et maîtriser leur mise en œuvre
- Traiter conjointement fonctionnalité et CEM

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION : RAPPELS

- Maîtrise de la CEM et des choix initiaux
- Mode Commun et Mode Différentiel
- Environnement isolant / conducteur
- Symboles terre / masse / 0 V
- Impédance d'un conducteur
- Densité spectrale d'une impulsion
- Rappel : formulaire général de CEM

### 2 – CARACTÉRISTIQUES DES COMPOSANTS PASSIFS

- Immunité des résisteurs
- Caractéristiques des condensateurs
- Caractéristiques des inductances
- Caractéristiques des ferrites
- Mesures ou modélisation en CEM ?
- Schémas équivalents des composants passifs
- Modélisation d'un filtre en mode commun

### 3 – CARACTÉRISTIQUES DES COMPOSANTS ACTIFS

- Bruit d'une chaîne linéaire
- Bruit thermique et en 1 / F
- Détection d'enveloppe des amplificateurs
- Repères chiffrés en analogique
- Marge statique / dynamique des logiques
- Oscillation d'une porte MOS
- Métastabilité et double synchronisation
- CEM des échantillonneurs - bloqueurs
- Jitter et son effet en conversion A/N
- Le phénomène de latch-up

### 4 – OSCILLATEURS

- Principe et difficulté des oscillateurs
- Réseau de réaction, modes de résonance
- Oscillateur à Quartz, schéma équivalent
- Points de fonctionnement
- Risque du non démarrage et de casse
- PLL

### 5 – CEM DES CIRCUITS INTÉGRÉS

- « Road Map » des circuits VLSI
- La question du courant dans les puces
- Bruits et couplages dans les puces
- Le bonding et le « ground bounce »
- Origines, effets et maîtrise des di/dt
- Calcul du nombre de VDD / VSS
- Dimensionnement des drivers de sortie
- CEM à la conception des puces

### 6 – CIRCUITS IMPRIMÉS

- Budget théorique de bruit
- Nombre et choix des couches en numérique
- Implantation et routage des circuits rapides
- Impédance d'un plan de masse fini/infini
- Effets des trous dans un plan de 0 V
- Effets des vias et des fentes dans un plan
- Les 3 types de pistes ou anneaux de garde

### 7 - LIGNES

- Équation de propagation
- Ligne sans perte en régime sinusoïdal
- Impédance caractéristique d'une ligne
- Paramètres linéiques d'une ligne
- Vitesse de propagation et retards
- Mesures pratiques de Zc
- Circuits d'adaptation série / parallèle
- Adaptation d'un fond de panier
- Pertes dans une ligne
- Pertes dans une ligne par effet de peau
- Évaluation des pertes d'une ligne
- Mesures et câbles coaxiaux
- Mesure du Return Loss d'une entrée symétrique

### 8 - DIAPHONIES

- Diaphonies capacitive et inductive sur CIP
- Mesure d'une faible diaphonie capacitive
- Diaphonies dans un connecteur / Mesures
- Diaphonie progressive et régressive

### 9 - ÉMISSION RAYONNÉE

- Les 2 types de rayonnements d'un système
- Rayonnement du câble d'alimentation
- Émission de 2 signaux superposés
- Émission par conversion MD/MC
- Harmoniques pairs et impairs de l'horloge
- Cas des horloges multiples
- Étalement de spectre
- Analyse de courant de MC de 30 à 80 MHz

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de prendre en compte l'ensemble des paramètres clés des protections filaires et des blindages des systèmes. Il saura mettre en œuvre des liaisons rapides en prenant en compte les notions d'intégrité du signal.

## À SAVOIR

### Public

- Techniciens et ingénieurs en électronique

### Postulats

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur  
- Expérience préalable en conception électronique ou avoir suivi le module conception

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats  
- 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 : 2 jours soit 14 h  
  
• Paris, du 19 au 20 novembre 2024

### Tarif

1 340 € HT

# Perfectionnement CEM : protection & câblage

## Le but de cette formation est de :

- Appréhender les effets des lignes de transmission
- Maîtriser la mise en œuvre des liaisons rapides
- Comprendre et adapter les solutions de protection BF et HF
- Maîtriser le choix des liaisons blindées et leur mise en œuvre
- Optimiser les solutions de blindage

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION - RAPPELS

- Mode commun et mode différentiel
- Environnements isolants ou conducteurs
- Impédance d'un conducteur
- Résistance et réactance d'une paire courte
- Réduction de l'impédance par un second conducteur
- Couplages : Rappels
- Basse Fréquence / Haute Fréquence
- Spectre d'impulsions

### 2 – FILTRES

- Fonction de transfert et perte d'insertion
- Mesure de perte d'insertion d'un filtre CEM
- Réponses de divers filtres passe-bas
- Filtrage des impulsions
- Réponses impulsionnelles de filtres passe-bas
- Filtrage capacitif des entrées / sorties
- Filtrage passif passe-bas en entrée
- Attention au filtrage d'un signal numérique
- Filtrage des capteurs / alimentations
- Filtrage de la sortie d'un amplificateur
- Amplitude et phase d'un R - C passe-bas
- Dissymétrie différentielle par déphasage
- Dissymétrie des filtres d'entrée
- Tension aux bornes d'un Transzorb
- Transzorb : Courbe de Puissance Crête

### 3 – CÂBLES ET CONNECTEURS

- Réjection du M.C. en BF par isolement
- Réjection du M.C. en BF par liaison symétrique
- UTP : Conversion du MC en MD
- STP : Conversion du MC en MD
- Mesure de la dissymétrie d'une paire
- Dissymétrie d'un balun
- Dissymétrie de transfos ligne Ethernet 100Mbps
- Dissymétrie d'une carte Ethernet 100 BaseTX
- Symétrie d'une liaison Ethernet 100 BaseTX
- Principe de l'effet réducteur
- Mesures de Zt et d'efficacité de blindage
- Relation entre Zt et efficacité de blindage
- Importance de la mise à la masse des embases
- Impédance de transfert de connecteurs
- Effet réducteur d'une paire blindée
- UTP ou STP : calcul d'immunité
- Paires torsadées blindées ou non ?
- Amplifier à la source peut être néfaste !

### 4 – BLINDAGE

- Impédance de barrière / Réflexion
- Épaisseur de peau / Absorption
- Étapes de mise au point d'un blindage
- Excitation des câbles d'E/S par fuite proche
- Attention au rayonnement en champ proche
- Attention aux « zones chaudes »...
- Réduction due à l'effet de chicane
- Calcul d'atténuation d'une boîte non amortie
- Calcul d'atténuation d'une boîte bien amortie

# 16 Intégrité du signal

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de prendre en compte les difficultés de conception liées à la montée du débit des transmissions (pertes, diaphonie, conversion de mode, non linéarité, etc.). Il pourra appréhender les limites en dynamique et en fréquence des signaux et leur propagation et ainsi utiliser des outils d'aide à la conception pour l'implantation et le routage des cartes comme pour les transmissions filaires.

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de bureau d'étude de conception
- Ingénieur et techniciens de mise au point de circuits rapides ou à grande dynamique
- Concepteurs et intégrateurs de systèmes électroniques performants

### Postulats

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur
- Niveau de base en mathématique de tout technicien supérieur
- Une expérience préalable en conception électronique est souhaitable

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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
- Paris, du 1<sup>er</sup> au 04 octobre 2024

### Tarif

2 360 € HT

## Le but de cette formation est de :

- Identifier les causes et les effets des bruits superposés aux signaux
- Maîtriser les bruits d'alimentation et leur découplage (power integrity, ground bounce)
- Pouvoir simuler les effets de ligne et modéliser l'intégrité des signaux (SI)
- Identifier les principaux pièges de conception d'une carte électronique, dont le choix des composants et leur mise en œuvre
- Pouvoir analyser les effets des filtres - linéaires ou non - et pouvoir calculer un circuit de protection contre les surtensions

## PROGRAMME

### 1 – RAPPORT SIGNAL À BRUIT

- Rappels et définitions
- FFT et FFT inverse
- Bruits thermique et de quantification
- Valeurs crête, moyenne et médiane
- Densité de probabilité en amplitude (APD)
- Bruit en excès et 1/F – Choix de la techno
- SINAD et nombre de bits effectifs (ENOB)
- Dynamique sans parasite (SFDR)
- Relations entre THD, SNR et SINAD
- Non linéarité intégrale et différentielle (INL, DNL)
- Taux d'erreurs binaires (BER, BEP)

### 2 – MARGE DE BRUIT

- Confusions des notions de terre, masse et 0 V
- Marges statique et dynamique de bruit
- « Ground bounce » : cause, mesure et effets
- Pente des fronts, commutations simultanées
- Jitter, inductance de boîtier, débit maximal
- Choix des couches et « stacking »
- Dérive et non-linéarité thermique
- Détection d'enveloppe : exemple

### 3 – BRUIT D'ALIMENTATION (PI)

- Bruit des convertisseurs d'alimentation
- Impédance d'un bus d'alimentation
- Retour du courant - Changement de couche
- Modélisation d'une alimentation par plans
- Spectre du courant consommé et simulation
- Effet de cavité entre plans, distance entre vias
- Bruit d'alimentation et « Jitter » induit
- Erreurs de routage – Effets des fentes
- Résonances de structures – Effet de bord
- « Power integrity », PSRR et découplage

### 4 – EFFETS DE LIGNE

- Électromagnétisme, perméabilité et permittivité
- Propagation conduite et rayonnée
- Circulation des courants, vitesse de propagation
- Impédance caractéristique / paramètres de ligne
- Champs proches et lointains - Propagation
- Mesures des temps de transition et de retard
- Simulation de l'effet de peau et rugosité
- Inductance de plans finis et imparfaits
- Les 2 types de résonance - Mesures dans 50 Ω
- Effets des pertes d'une ligne - Simulation
- Pertes diélectriques et choix du diélectrique
- « HDI », intégration haute densité et microvias
- Préaccentuation, peaking, égalisation active
- « TDR » Réflectométrie : Mesures et simulation
- « Overshoot », « Ringing », formes d'ondes
- Effets et risques du retard par serpent
- Pad de condensateurs, via et effet de stub
- Risque de double basculement - Adaptation
- Paramètres S : définition et simulation
- Incrustation et désincrustation
- Calibrage OSM / OSTM - Abaque de Smith
- Connecteurs pour signaux HF - Simulation
- Routage des horloges rapides
- Simulation d'adaptation répartie

### 5 – COMPOSANTS ACTIFS

- Doubles sources / fiches techniques
- Distorsion de croisement et effets
- Références et régulateurs de tension
- Filtrage en sortie d'amplificateur
- Analyse et validation de schéma
- « SerDes » (Sérialiseur/désérialiseur)
- QFP, BGA, « wire bond », « flip chip »
- RLC et SIP / Drivers LVDS
- Interconnexions à haute densité (HDI)
- Métastabilité / Double synchronisation
- Diagramme de l'œil et histogramme
- Notion de masque – Taux d'erreur
- Modulations amplitude et phase
- Modulation OFDM / Constellation
- Mesures de la gigue, Jitter / analyse
- Bruit de phase – Effet sur ADC / DAC
- Horloges à étalement de spectre (SSC)

### 6 – DIAPHONIES ET CHAMPS PROCHES

- Diaphonies capacitive et inductive
- Paradiaphonie / télédiaphonie / modélisation
- « Glitch » par diaphonie : pull-in et Push-out
- Diaphonie entre lignes – effets de la charge
- « NEXT », « FEXT » et « Alien »
- Rapport diaphonie / atténuation (ACR)
- Connecteurs et sonde de champ proche

### 7 – LIAISONS DIFFÉRENTIELLES

- Composants magnétiques et symétrisation
- Perte de conversion longitudinale (LCL, TCL)
- BER et réjection du mode commun (CMRR)
- Dissymétries de liaison : implantation routage
- Effet du biais (Skew) et autres dissymétries
- Z pair, Z impair (Zodd et Zeven), routage
- Microstrip ou stripline / Émission rayonnée

### 8 – COMPOSANTS DE PROTECTION

- Phénomène de « latch-up »
- Valeurs maxi absolues / risques
- Protections en entrée d'alimentation
- Diodes d'écrêtage (« clamping »)
- Tenue des résistances aux surcharges
- Simulation en F et t de filtres passe-bas
- Problèmes et choix d'un condensateur
- Limiteurs de surtension - Choix de Transzorb
- Filtres linéaires ou non linéaires – Exemples
- Zt de câble blindé et effet réducteur
- Choix de câble et de connecteur blindé

# Investigation & mise au point CEM

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire aura acquis les méthodes d'investigation associées à des essais spécifiques afin d'identifier les problèmes et de pouvoir dimensionner et mettre en œuvre les moyens de protection adéquats.

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de conception
- Ingénieurs et techniciens en charge de la qualification CEM

### Postulats

- Connaissances de base des lois physiques

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 24 au 26 septembre 2024

### Tarif

1 720 € HT

## Le but de cette formation est de :

- Savoir définir les objectifs à atteindre pour être conforme aux essais CEM
- Être capable d'analyser et d'identifier les non conformités aux essais CEM
- Pouvoir adapter les moyens d'investigation selon les problématiques rencontrées
- Maîtriser les solutions CEM et leurs mises en œuvre
- Pouvoir mettre en œuvre ses propres outils de diagnostic

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Méthode d'analyse de la CEM
- Organisation CEM d'un projet
- Exigences réglementaires CEM
- Les normes en CEM
- Organisation des essais CEM

### 2 – RAPPELS - COUPLAGE

- Relation temps fréquence
- Représentation fréquentielle
- Comportement CEM des composants
- Mode commun et mode différentiel
- Les 6 modes de couplages

### 3 – MATÉRIELS DE MESURE ET D'INVESTIGATION

- Principe de l'analyse spectrale
- Détecteurs CEM
- RSIL
- Pince de courant
- Réalisation d'une pince de courant
- Sondes de champ proche
- Réalisation de sondes d'investigations
- Séparateur MC/MD

### 4 – SOLUTIONS

- Les différents éléments de filtrage BF et HF
- Mise en œuvre des filtres
- Les principaux limiteurs de surtension
- Effet réducteur d'un câble blindé
- Blindage d'un équipement
- Influence des ouvertures dans un blindage

### 5 – EMISSION CONDUITE

- Configuration d'essai : normes civiles et militaires
- Origine du mode différentiel et du mode commun
- Filtrage en mode différentiel et en mode commun
- Utilisation du séparateur MC / MD
- Démonstration pratique : Mise en évidence des paramètres
- Démonstration pratique : Influence des éléments de filtrage

### 6 – EMISSION RAYONNÉE

- Spectre d'un train trapézoïdal
- Spectre rayonné en MC et MD
- Identification des spectres rayonnés
- Origines des rayonnements
- Réduction des rayonnements
- Évaluation des émissions rayonnées
- Utilisation de la pince de courant en émission rayonnée
- Démonstrations pratiques

### 7 – IMMUNITÉ CONDUITE RF

- Forme des impulsions
- Norme CEI / EN 61000-4-4
- Norme CEI / EN 61000-4-6
- Outillage immunité conduite
- Méthode additive et méthode soustractive
- Travaux pratiques : mise au point d'un équipement
- Guide de mise au point en immunité conduite

### 8 – IMMUNITÉ RAYONNÉE

- Norme CEI / EN 61000-4-3
- Immunité aux Talkies Walkies
- Résonance d'un blindage
- Guide de mise au point en immunité rayonnée

### 9 – CONCLUSION

- Méthode générale de mise au point
- Outils de préqualification : synthèse
- Formulaire

# 18 Tracé des cartes électroniques

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de prendre en compte l'ensemble des paramètres clés CEM pour le routage des cartes électroniques.

### Le but de cette formation est de :

- Être capable d'éviter les erreurs récurrentes d'implantation et de routage
- Pouvoir analyser les différents couplages
- Être capable de maîtriser le routage des masses, alimentations, pistes sensibles
- Comprendre où et comment placer les composants de protections et de filtrages
- Comprendre le routage des liaisons rapides à impédance contrôlée

## À SAVOIR

### Public

- Routeurs et implanteurs de circuits électroniques
- Ingénieurs et techniciens de conception

### Postulats

- Connaissances de base en électricité

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 ou en distanciel
- 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 : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 17 au 19 décembre 2024

### Tarif

1 720 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Caractérisation CEM des équipements
- Mode commun/mode différentiel
- Représentation d'un signal sinusoïdal/trapézoïdal
- Analogie Temps - Fréquence
- Evolution des circuits imprimés
- Gestion et planning d'un circuit imprimé

### 2 – MASSES ET ALIMENTATIONS

- Couplage par impédance commune
- Impédance d'un plan de masse
- Retour des courants HF
- Fente dans un plan de masse
- Impédance d'une piste de C.I.
- Alimentation en étoile
- Distribution de l'alimentation analogique
- Découplage en multicouches
- Maillage de l'alimentation
- Intensité maximale d'une piste
- Bruit d'alimentation
- Impédance des condensateurs
- Découplage en multicouche
- Plan de masse/plan d'alimentation
- Flex
- Cartes mixtes analogiques / numériques
- Cas des isolements galvaniques
- Raccordement du OV au châssis

### 3 – PISTES SENSIBLES

- Principe du couplage capacitif carte à châssis
- Capacité totale entre carte et plan de masse
- Capacité parasite des pistes
- Anneau de garde
- Effet mécanique et thermique sur référence de tension
- Répartition optimale des couches de CIP
- Tracé des pistes sensibles
- Raccourcir le côté sensible
- Implantation des composants
- Exemple de tracé
- Couplage piste à piste
- Piste écran
- Diaphonie dans les fonds de panier
- Qu'est ce qu'un champ ?
- Tension induite dans les boucles
- Réduction de la surface de boucles

### 4 – RAYONNEMENTS DES ÉLECTRONIQUES

- Rayonnement d'une petite boucle
- Les 2 types de rayonnement des électroniques
- Tracé des horloges
- La maîtrise des trajets verticaux
- Rayonnement des bords de carte / Fond de panier
- Implantation et tracé des pistes
- Origine du courant de mode commun

### 5 – PROTECTION DES ENTRÉES / SORTIES

- Filtrage capacitif des entrées / sorties
- Erreur à éviter
- Implantation et routage de filtres
- Diaphonie entrée – sortie de filtres
- Routage des liaisons différentielles

### 6 – LIGNES DE TRANSMISSION

- Définitions
- Ligne en impulsion réflexion des fronts
- Forme des signaux
- Le diagramme de l'œil
- Œil ouvert et fermé
- Topologies des lignes
- Quant doit-on adapter une ligne ?
- Liaisons différentielles
- Vitesse de propagation et retard
- Retard en grecque
- Calcul de l'impédance caractéristique
- RF Calc
- Effet de stub
- Adaptation d'impédance répartie
- Problème des fonds de panier

### 7 – INFLUENCE DE LA FABRICATION

- Tolérance de fabrication
- Augmentation des pertes cuivres par rugosité
- Tropicalisation et protection des circuits

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de maîtriser le câblage et la mise en œuvre des installations de mesures sensibles dans la recherche et l'industrie.

### Le but de cette formation est de :

- Être capable d'identifier et de comprendre les couplages CEM
- Pouvoir identifier les sources de perturbation
- Être capable d'appliquer les méthodes de protection Basse Fréquence
- Être capable d'appliquer les méthodes de protection Haute Fréquence
- Savoir adapter les méthodes de mesure d'investigation CEM sur site

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens chargés de la mesure de signaux
- Techniciens et agents de maintenance d'installation

### Postulats

- Connaissances de base en électricité
- Aucune connaissance préalable en CEM

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 10 au 12 décembre 2024

### Tarif

1 720 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Rôles d'une terre
- Terre, masse et 0 V
- Classes d'environnements
- Mode commun et mode différentiel
- Ordres de grandeur des perturbations
- Rapport S/B et marge d'immunité
- Détection d'enveloppe

### 2 – LES 6 COUPLAGES

- Couplage par impédance commune
- Impédance des conducteurs
- Problème de la masse en étoile
- Chaînage des 0 V
- Couplage capacitif carte à masse
- Couplages par diaphonie
- Couplage "champ à boucle"
- Couplage "champ à fil"

### 3 – PERTURBATIONS BF

- Les 4 schémas de neutre
- Ordre de grandeur des courants dans les masses
- Le danger des terres séparées
- Sources de champ magnétique 50 Hz
- Sources de champ électrique 50 Hz

### 4 – PERTURBATIONS HF

- Rayonnement des émetteurs radio
- Conversion à découpage
- Variateurs de vitesse
- Reclaquage de contacts secs
- Pertes dans les câbles

### 5 – RÉSEAUX DE MASSE

- Définition et effets des boucles de masse
- Définition et effets des boucles entre masses
- Les boucles dans les systèmes modernes
- Impédance d'un maillage
- Maillage par flots
- Liaison entre baies
- Exemples de maillage

### 6 – PROTECTION BF

- Protection en Mode Commun BF
- Réjection du MC par isolement
- Réduction du mode commun par appareil isolé
- Appareil « gardé » au laboratoire
- Appareil « gardé » en environnement bruité
- Réjection du MC en BF par isolement
- Réjection du MC BF par liaison symétrique
- Dissymétrie typique d'une paire
- Filtrage des capteurs / alimentations
- Amplitude et phase d'un R-C passe-bas
- Dissymétrie des filtres d'entrée
- Caractéristiques des composants d'isolation
- Effet d'un filtre passe bas sur une impulsion
- Principaux parasurtenseurs
- Protection contre les surtensions
- Montage des parafoudres énergie / télécom

### 7 – FILTRAGE DES PERTURBATIONS HF

- Les 3 méthodes de protection en MC HF
- Réjection hors-bande dès l'entrée
- Filtrage capacitif des entrées / sorties
- Filtrage des E/S : Erreurs à éviter
- Selfs de mode commun
- Impédance en fonction du nombre de spires
- Filtres secteurs recommandés
- Les 3 règles de montage des filtres secteur

### 8 – CÂBLES BLINDÉS

- Principe de l'effet réducteur
- Mesure simple d'un effet réducteur
- Effet réducteur d'un chemin de câble
- Raccordement des écrans de câbles
- Câblage des capteurs bas-niveaux
- Terminaison des blindages
- Classification des signaux
- Règles de câblage et de pose
- Écrans "électrostatiques"
- Choix de la connectique

### 9 – MESURES ÉLECTRIQUES ET CEM

- Méthodes de mesure d'une résistance
- Lignes et impédances caractéristiques
- Mesure pratique de l'impédance d'une ligne
- Mesures et câbles coaxiaux
- Correction du temps de montée
- Sonde d'oscilloscope passive
- Utilisation de sondes de tension actives
- Mesure d'un bruit de masse : précautions
- Mesure de la tension de M.C. entre masses
- Bruit tolérable entre équipements
- Mesure d'un signal sinus en présence de bruit
- TER/S : Méthode d'injection sur site

### 10 – REMÈDES CEM

- Écrans électrostatiques des câbles
- Amplifier à la source peut être néfaste !
- Densité spectrale d'une impulsion et utilisation
- Exemple de cohabitation sensible / perturbateur
- Cohabitation sensible / perturbateur : solution
- Enceinte blindée type
- Câblage d'une armoire
- Raccordements sur une TRP de baie
- Méthode de correction CEM sur site

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable d'identifier les risques des effets biologiques et sanitaires des champs électromagnétiques sur les personnes. Il pourra également mettre en œuvre les moyens de protection nécessaires au respect de la réglementation.

### Le but de cette formation est de :

- Maîtriser les restrictions de base (VLE) et les valeurs déclenchant l'action (VA)
- Pouvoir prendre en compte les exigences réglementaires
- Comprendre les méthodes de mesure de champ magnétique et électrique selon le protocole ANFR
- Connaître et adapter les différents moyens de protection

## À SAVOIR

### Public

- Tout public
- Personnel en charge de la prévention et de la sécurité du travail
- Ingénieur et technicien en radiocommunication

### Postulats

- Pas de connaissance nécessaire en CEM
- Pas de connaissance mathématique

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 ou en distanciel
- 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 : 2 jours soit 14 h
- Paris, du 25 au 26 juin 2024

### Tarif

1 280 € HT

## PROGRAMME

### 1 – LES GRANDEURS PHYSIQUES

- Champ et déplacement électrique (E et D)
- Champ et induction magnétique (H et B)
- Impédance d'onde selon la distance (Zc)
- Perméabilité ( $\mu$ ) et permittivité ( $\epsilon$ )
- Impédance des tissus biologiques
- Courants de contact et courant induit
- Densité surfacique de puissance
- Débit d'absorption spécifique (DAS, SAR)
- Énergie d'absorption spécifique (SA)
- Gain d'antenne et plan d'onde
- Décroissance du champ avec la distance

### 2 – LES EFFETS BIOLOGIQUES

- Effets biologiques et sanitaires
- Actions contre un risque sanitaire
- Présentation de l'ICNIRP
- Méthode d'évaluation des risques
- Définitions légales et techniques
- Classes de protection de l'ICNIRP
- Effets biologiques avérés
- Mesures d'échauffement
- Effets du courant selon la fréquence
- Effets de E ou de H selon la fréquence
- Effet acoustique d'une impulsion
- Effets non thermiques
- Les divers types d'études
- Principaux résultats scientifiques
- Difficultés d'une étude épidémiologique
- L'hypersensibilité électromagnétique
- Champs modulés ou impulsifs
- Valeurs limites d'exposition

### 3 – NIVEAUX DE RÉFÉRENCE ET VALEURS LIMITES

- Réglementations européennes
- Restrictions de base (VLE)
- Distinction public / travailleurs
- VA basses et hautes pour des travailleurs
- Vue d'ensemble des VA
- Variation du SAR en fréquence
- Dépassement des VLE sensorielles
- Densité du courant induit
- Fréquence équivalente à une impulsion
- Durée d'intégration de la puissance
- Courants déclenchant l'action
- Champs de référence
- Évaluation d'une exposition multiple
- Cas des implants médicaux
- Limites des valeurs de crête
- Évolution des niveaux de l'ICNIRP
- Réglementation et normalisation
- Directive européenne 1999/519/EC
- Décret français 2016/1074 du 3 Août 2016
- Directive européenne 2013/35/UE
- Principaux textes réglementaires
- Quelques normes produits
- Résumé et risques de confusion

### 4 – MESURES D'EXPOSITION

- Mesure des champs magnétiques
- Champmètre basse fréquence
- Antenne passive à réponse ICNIRP
- Mesure des champs électriques HF
- Précautions de mesure au champmètre
- Mesure de la densité de puissance
- Mesure de SAR par un fantôme
- Protocole de mesure de l'ANFR V3
- Evolution du protocole
- Périmètre de sécurité du public
- Mesure de champ pulsé type radar
- Incertitudes et difficultés de mesure
- Rapport de mesure type
- Le cas des lignes à haute tension
- Le cas des compteurs communicants Linky
- Pylônes radio et sites partagés
- Évaluation des risques d'une machine

### 5 – TRAVAIL EN CHAMP FORT

- Rapport 101 870 de l'ETSI
- Classification/formation de travailleurs
- Méthode de surveillance du champ
- Méthode des distances limites
- Limitation d'accès par zonage
- « Dosimètres » individuels
- Environnements à champ élevé
- Le cas des IRM
- Évaluation de conformité EN 50499
- Vêtements de protection
- Balisage et logotype
- L'instruction DREP 302 143
- Balisage d'un site radio
- Exemples de zonages
- Exemple de plaquette informative
- Formulaire médical STANAG 2345
- Bibliographie et sites WEB

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de prendre en compte l'ensemble des paramètres clefs CEM lors du câblage et de la mise en œuvre d'un système industriel.

### Le but de cette formation est de :

- Apprendre à identifier les risques CEM pour un système ou une installation
- Pouvoir identifier les principales sources de perturbation
- Savoir reconnaître et comprendre les mécanismes de couplage mis en jeu
- Maîtriser les méthodes de protection adaptées et leurs mises en œuvre industrielles
- Savoir adopter une démarche pour la résolution de problèmes CEM

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de bureau d'étude d'ingénierie et d'installation électrique
- Techniciens et agents de maintenance d'installation
- Concepteurs et intégrateurs de systèmes

### Postulats

- Connaissance de base en électricité
- Pas de connaissance mathématique

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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

- Paris, du 18 au 21 juin 2024
- Grenoble, du 1<sup>er</sup> au 04 octobre 2024
- Paris, du 03 au 06 décembre 2024

### Tarif

2 250 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- CEM d'un système industriel
- Définitions / unités
- Évolutions des électroniques
- Détection d'enveloppe
- Réciprocité émission / susceptibilité
- Réciprocité temps / fréquence

### 2 – PERTURBATIONS CONDUITES

- Perturbations de mode différentiel
- Perturbations de mode commun
- Impédance commune
- Equipotentialité des masses
- Impédance d'un maillage
- Couplage carte à châssis
- Diaphonies

### 3 – PERTURBATIONS RAYONNÉES

- Qu'est-ce qu'un champ EM ?
- Champ électrique / magnétique
- Propagation et réflexion des champs
- Effet des champs EM sur les conducteurs électriques
- Fréquences critiques, ordres de grandeur
- Exposition humaine aux champs EM

### 4 – SOURCES DE PERTURBATIONS

- Champ rayonné par un émetteur radio
- Appareils industriels haute fréquence
- Décharges électrostatiques
- Caractéristiques de l'agression foudre
- Causes et effets de la foudre
- Surtensions à l'ouverture des bobines
- Sources de champ magnétique à 50 Hz
- Ponts redresseurs
- Alimentations à découpage
- Variateurs de vitesse

### 5 – ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

- Qualité du réseau d'alimentation
- Impact des régimes de neutre sur la CEM
- Schéma TT
- Schémas TN-C et TN-S
- Schéma IT

### 6 – TERRES

- Rôles de la terre, du neutre, du PE
- Faut-il plusieurs terres ?
- Mesures de la résistance de terre
- Constitution d'un réseau de terre
- Protection d'un bâtiment contre la foudre
- Connexion d'un paratonnerre à la terre

### 7 – RÉSEAUX DE MASSE

- Réglementations et mises à la masse
- Masses en étoile et boucles de masse
- Effet des boucles de masse
- Réseau de masse maillé
- Liaison à la masse des équipements
- Câblage en îlots : armoires, salles techniques
- Connexions des masses à la terre

### 8 – CÂBLES D'INTERCONNEXION

- Principe de l'effet réducteur
- Blindage d'un câble
- Où raccorder les écrans ?
- Nouvelles règles de l'art
- Mise en œuvre de la connectique
- Liaisons bas niveau
- Liaisons numériques
- Isolements galvaniques
- Transformateurs d'isolement
- Chemins de câbles et structures conductrices
- Mise en œuvre des chemins de câbles
- Classification des câbles, règles de câblage
- Cas spécifiques

### 9 – PROTECTIONS ET FILTRAGE

- Limiteurs de surtensions
- Eclateurs / parafoudres / limiteurs
- Montage des parafoudres
- Choix et montage d'un filtre secteur
- Rôle des ferrites
- Choix et mise en œuvre des ferrites

### 10 – ÉCRANS ET BLINDAGES

- Rôle et fonctionnement d'un blindage
- Fuites de blindage
- Traitement des ouvertures
- Joints conducteurs, contacts, continuité
- Exemples d'écrans magnétiques
- Solutions pratiques

### 11 – INSTALLATION

- Choix des solutions CEM
- Maillage des structures
- Pénétrations des conducteurs
- Coordination des protections
- Liaisons cuivre ou fibre optique ?

### 12 – VALIDATION

- Comment évaluer l'immunité d'un système ?
- Contrôle des connexions de masse
- Tests d'immunité sur site
- Choix du générateur de test
- Immunité aux transitoires rapides en salves
- Immunité aux Talkies-Walkies

### 13 – REMÈDES

- Pannes CEM : quels réflexes ?
- Diagnostics et analyse sur site
- Méthode de correction
- Instrumentation spécifique
- Utilisation de la pince Ampèremétrique HF
- Utilisation de la sonde de Moebius
- Ordres de grandeurs, exemples de remèdes
- Cas pratique

## Objectifs :

L'objectif de la formation est de sensibiliser au risque décharge électrostatique toute personne entrant dans une Zone Protégée contre les ESD (EPA).

### Le but de cette formation est de :

- Appréhender le phénomène ESD
- Connaître les risques liés aux ESD
- Connaître la normalisation
- Connaître et appliquer les règles de protection dans une zone protégée

## À SAVOIR

### Public

- Tout public

### Postulats

- Aucune connaissance nécessaire en électricité

### Méthodes pédagogiques

- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations pratiques si possible

### 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 : 0,5 jour soit 4 h
- Paris, le 11 octobre (matin) 2024

### Tarif

400 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Charge statique : un phénomène bien connu
- Aspect historique
- Machines électrostatiques
- L'électricité statique de nos jours
- Décharges directes typiques

### 2 – LES CONSÉQUENCES DES DÉCHARGES ÉLECTROSTATIQUES

- Phénomène de charge et de décharge
- Les composants insensibles aux ESD
- Les composants sensibles aux ESD
- Pourquoi sont-ils sensibles ?
- Comment sont-ils sensibles ?
- Risque de destruction d'un circuit par manipulation
- Cas des machines de production et de test
- Les pannes latentes
- Atmosphères explosibles
- Utilisation de l'électricité statique dans les procédés industriels

### 3 – LE PHÉNOMÈNE PHYSIQUE

- Appareils pour mesurer la charge statique
- La triboélectricité
- Autres modes de charge
- Principe des séries triboélectriques
- Rôle majeur des personnes dans le risque ESD
- Influence du revêtement du sol
- Ordres de grandeur pour les décharges électrostatiques

### 4 – COMMENT EST ORGANISÉE LA PROTECTION ESD ?

- La normalisation ESD
- Plan de maîtrise ESD
- Définition d'une EPA (zone protégée contre les ESD)
- Rôle du coordinateur ESD

### 5 – MAÎTRISE DE LA CHARGE DES PERSONNES DANS UNE EPA

- Objectif ESD : limiter la charge
- Exemples et mesures du potentiel de charge d'une personne
- Écoulement des charges à la terre
- Chaussures ESD
- Talonnettes ESD
- Contrôle des chaussures et des talonnettes
- Traitement des sols ESD
- Bracelets ESD
- Rôle d'une blouse ESD

### 6 – MAÎTRISE DE LA CHARGE DES OBJETS DANS UNE EPA

- Connexion des parties métalliques
- Risque de charge des isolants
- Gestion des isolants dans une EPA
- Les matériaux dissipatifs

### 7 – LES RÈGLES DANS UNE EPA

- S'équiper
- Contrôle systématique en entrée d'EPA
- Cas particulier de la traversée d'une EPA sans protection ESD
- Matériel et outillage dans une EPA
- Ce qui est interdit dans une EPA
- Emballage et stockage ESD dans une EPA
- Emballage et stockage ESD hors d'une EPA
- Cartes et composants dans le produit fini
- Analyses de photos de bons et mauvais exemples

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire pourra mettre en œuvre une protection ESD efficace et adaptée sur des postes de travail électroniques.

### Le but de cette formation est de :

- Appréhender le phénomène ESD
- Connaître les risques liés aux ESD
- Connaître la normalisation
- Pouvoir définir, implémenter et contrôler les protections ESD adaptées

## À SAVOIR

### Public

- Responsables de sites de production ou de laboratoires électronique
- Techniciens et opérateurs de production électronique

### Postulats

- Connaissance de base en électricité

### Méthodes pédagogiques

- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations pratiques si possible

### 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 : 1 jour soit 7 h
- Paris, le 07 novembre 2024

### Tarif

820 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Charge statique : un phénomène bien connu
- Aspect historique
- Machines électrostatiques
- L'électricité statique de nos jours
- Décharges directes typiques

### 2 – LE PHÉNOMÈNE PHYSIQUE

- Phénomène de charge et de décharge
- Charges dans un métal et dans un isolant
- Triboélectricité et autres modes de charge
- Séries triboélectriques : principes et utilisation
- Rôle majeur des personnes dans le phénomène ESD dans l'industrie

### 3 – DONNÉES PHYSIQUES

- Formules utilisées en électrostatique
- Schéma électrique équivalent du corps humain : résistance et capacité
- Potentiels de charge selon la nature des sols
- Influence de l'humidité ambiante
- Appareils pour mesurer la charge statique
- Mesure de la charge des personnes
- Test du marcheur
- Exemples
- Influence de la position du corps
- Temps typiques de charge et de décharge
- Exemples de valeurs de courant de décharge

### 4 – DÉFAILLANCE DES COMPOSANTS

- Les composants sensibles aux ESD
- Les composants insensibles aux ESD
- Seuils de sensibilité des composants électroniques
- Différents modes de décharge sur les composants
- Modèles HBM et CDM : principe et application
- Conséquences des ESD sur les semi-conducteurs
- Modes de défaillance des composants
- Pannes latentes
- Tests d'immunité des composants selon les modèles HBM et CDM
- Utilisation de la classe ESD des composants

### 5 – AUTRES CONSÉQUENCES DES ESD

- Atmosphères explosibles
- Utilisation de l'électricité statique dans les procédés industriels
- Définition et effets des décharges indirectes

### 6 – ORGANISATION DE LA PROTECTION ESD

- La normalisation ESD
- Utilité du guide IEC 61340-5-1
- Plan de maîtrise ESD
- Définition d'une zone protégée (EPA)
- Rôle du coordinateur ESD

### 7 – MAÎTRISE DE LA CHARGE DES PERSONNES DANS UNE EPA

- Objectif ESD : limiter la charge
- Exemples et mesures du potentiel de charge d'une personne
- Écoulement des charges à la terre
- Classification des matériaux selon leur pouvoir d'écoulement
- Chaussures ESD
- Talonnettes ESD
- Contrôle des chaussures et des talonnettes
- Traitement ESD des sols
- Utilisation de l'IEC 61340-5-1
- Résistance de surface : définition, mesure, limites
- Résistance point-à-point : définition, mesure, limites
- Résistance transversale : définition, mesure, limites
- Résistance à la terre : définition, mesure, limites
- Bracelets ESD
- Contrôles en entrée d'EPA
- Rôle d'une blouse ESD
- Cas particulier : traversée d'une EPA sans protection ESD

### 8 – MAÎTRISE DE LA CHARGE DES OBJETS DANS UNE EPA

- Principe de mise à la terre
- Connexion des parties métalliques
- Machines de production et de test
- Mobilier, rangements
- Surfaces de travail
- Les isolants dans une EPA
- Les matériaux dissipatifs
- Emballage et stockage à l'intérieur d'une EPA
- Emballage et stockage à l'extérieur d'une EPA
- Matériel et outillage
- Ce qui est interdit dans une EPA

### 9 – CONTRÔLE / AUDIT D'UNE EPA

- Principe du contrôle d'une EPA
- Analyse du parcours des composants sensibles
- Contrôles périodiques
- Cartes et composants dans le produit fini

### 10 – CONCLUSION

- Installation typique d'une EPA
- Analyses de photos de bons et mauvais exemples

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable d'analyser les effets de la foudre sur des installations industrielles et tertiaires et de mettre en œuvre les protections adaptées.

### Le but de cette formation est de :

- Être capable d'appréhender la CEM et ses impacts
- Savoir analyser le phénomène foudre et ses effets
- Maîtriser les principes de protection contre les chocs directs et indirects
- Savoir mettre en œuvre les moyens de protection
- Savoir choisir et mettre en œuvre les différents parafoudres et les méthodes de coordination

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de bureau d'étude chargés de la protection foudre
- Ingénieurs et Techniciens d'installation
- Techniciens et agents de maintenance d'installation

### Postulats

- Connaissances de base en électricité
- Aucune connaissance préalable en CEM

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 : 2 jours soit 14 h
- Paris, du 15 au 16 octobre 2024

### Tarif

1 280 € HT

## PROGRAMME

### 1 – GÉNÉRALITÉS

- La foudre en chiffres
- Foudre et mythologie
- La foudre et les premières recherches
- Mécanisme de foudroiement direct sur l'homme
- Protection foudre : Normalisation et réglementation
- Caractérisation CEM des équipements
- Mode commun / Mode différentiel
- Conversion temps - fréquence

### 2 – PHÉNOMÈNE Foudre

- Système orageux
- Mécanisme de séparation des charges
- Le nuage de la foudre
- Phénomènes précurseurs
- La décharge atmosphérique
- Valeurs typiques d'un choc de foudre
- EN 62 305 : Forme d'onde
- Niveaux de protection selon EN 62 305
- Énergie et puissance moyenne de la foudre
- Densité de foudroiement
- Évaluation des risques
- Analyse simplifiée du risque foudre
- Risque direct / Risque indirect
- La foudre en boule

### 3 – LES EFFETS DE LA Foudre

- Effets sur une structure isolante
- Effets sur les conducteurs
- Élévation de potentiel au sol
- Effet d'un coup direct sur les lignes aériennes
- Induction foudre : effet électrostatique
- Effet d'un coup direct sur la distribution BT
- Rayonnement d'un choc de foudre indirect

### 4 – PROTECTION Foudre : STRUCTURE EXTERNE

- Principe général
- Modèle électro géométrique
- Méthode de la sphère fictive
- Dispositifs de capture
- Structure de descente
- Terre
- Maillage

### 5 – PROTECTION DES LIAISONS INTERNES

- Boucles de masse / boucles entre masses
- Maillage des conducteurs de masse
- Effets réducteurs
- Mise en œuvre des câbles blindés
- Mise en œuvre des chemins de câbles

### 6 – PROTECTION DES LIAISONS EXTERNES

- Transmission inter-bâtiment
- Liaisons cuivre ou fibres optiques ?
- Pénétration dans un bâtiment
- Protection d'un câble antenne
- Eclateurs
- Varistance
- Transil / Trisil
- Stub quart d'onde
- Dimensionnement d'une varistance
- Dimensionnement d'un transzorbt
- Nécessité de la coordination des protections
- Mise en œuvre des parafoudres
- Classification des parafoudres BT
- Paramètres des parafoudres BT
- Choix des tensions Uc et Ut pour parafoudres
- Mise en œuvre des protections secteur
- Protection des liaisons de données
- Montage des parafoudres énergie / télécom
- Parafoudres combinés Secteur + Téléphone
- Protection foudre d'une descente d'antenne

## Objectifs :

À l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de positionner la simulation numérique CEM dans son contexte industriel. Au terme de cette formation, le stagiaire sera en mesure d'identifier quels sont les apports de la simulation numérique et de construire un plan simulation numérique.

### Le but de cette formation est de :

- Maîtriser l'approche générale de modélisation numérique
- Appréhender l'écosystème de modélisation numérique
- Connaître et maîtriser les spécificités de la modélisation numérique dans le processus industriel
- Être capable de définir un plan de modélisation numérique
- Appréhender les spécificités de la modélisation numérique à certaines problématiques, foudre, HIRF, CEM des systèmes, antenne, DAS,...

## À SAVOIR

### Public

- Manager produit électrique
- Techniciens ou ingénieurs CEM
- Concepteur et développeur en électronique

### Postulats

- Connaître élémentaire en électromagnétisme ou ondes

### Méthodes pédagogiques

- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
- 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 : 2 jours soit 14 h
- Paris, du 18 au 19 septembre 2024

### Tarif

1 340 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Les approches pour résoudre un problème
- Histoire de la simulation
- Règle du tiers-temps
- Apprendre à se servir d'un outil
- Comprendre les fondements des moteurs numériques
- Savoir interpréter les résultats
- Principales sources d'erreurs et d'inefficacité
- Cartographie des outils numériques

### 2 – LA SIMULATION NUMÉRIQUE DANS LE PROCESSUS INDUSTRIEL

- Cycle de vie
- Choix de design
- Préparation à la qualification
- Qualification / Certification
- Gestion de l'obsolescence et des évolutions
- Lien entre la simulation et les formules ingénieurs et l'état de l'art
- Complémentarité de la simulation avec les mesures
- Accès à des observables habituellement difficile

### 3 – DÉMARCHE ET MÉTHODOLOGIE

- À quelle question veut-on répondre
- Adapter l'approche aux données disponibles
- Comprendre avant de faire
- Collecte des données
- Préparation du plan de travail
- Préparation des données

### 4 - QUEL OUTIL NUMÉRIQUE POUR QUEL PROBLÈME

- Rappels sur l'électromagnétisme
- Les grandes familles de problème CEM
- Les grandes familles d'outils

### 5 - OUTILS NUMÉRIQUES ET SPÉCIFICITÉ DES PROBLÈMES CEM

- Foudroiement des systèmes
- HIRF et IEMN
- CEM intra (rayonné et/ou conduit)
- CEM des équipements
- DAS/DREP
- Placement d'antenne
- Multi – méthodes et intégration de la mesure (SAM)

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable d'adapter l'outil de simulation SPICE à la CEM et d'étendre l'utilisation de cet outil au-delà de la simulation fonctionnelle

### Le but de cette formation est de :

- Maîtriser l'approche analytique élémentaire pour maîtriser les ordres de grandeur
- Connaître et maîtriser les bons réglages de l'outil pour la CEM
- Comprendre les bibliothèques des composants actifs et passifs
- Être capable de comprendre et modéliser les couplages CEM et les effets non-linéaires
- Appréhender la technique de modélisation de capteurs, coupleurs, générateurs CEM, câbles blindés, filtres, varistances, TVS,...

## À SAVOIR

### Public

- Concepteur et développeur en électronique
- Techniciens d'investigation en CEM
- Techniciens ou ingénieurs en simulation

### Postulats

- Connaître l'utilisation élémentaire de Spice
- Niveau technicien en électronique
- Aucun ordinateur n'est requis, le formateur réalise et présente les simulations

### Méthodes pédagogiques

- 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

- Paris, du 08 au 11 octobre 2024

### Tarif

2 360 € HT

## PROGRAMME

### 1 – CEM : RAPPELS

- Caractérisation CEM des équipements
- Méthode d'analyse de la CEM
- Mode commun / Mode différentiel
- Utilisation des décibels
- Relation temporel / fréquentiel
- Densité spectrale d'une impulsion
- Enveloppe spectrale d'impulsions répétitives
- Principe du couplage par impédance commune
- Réciprocité des couplages en conduction
- GIGO

### 2 – LT SPICE : PRINCIPES

- Historique de Spice – LT Spice
- L'interface et fonctions de LT Spice
- Barres d'outils, schéma, bibliothèques, post-traitement
- Pas de calculs
- Ajout d'un composant dans une bibliothèque
- Modélisation par directive
- Simulations temporelles et AC sweep
- Principes temporels et fréquentiels d'une FFT
- Fuite spectrale minimale et maximale
- Ondulation (« Ripple ») d'une FFT
- Effet de la compression sur un spectre calculé
- Spectre FFT d'une impulsion centrée et décentrée
- Fenêtrage de Hann, Nutall, Blackmann – Harris, Tukey
- Filtres flat top avec largeurs de bande normalisées
- Génération de salves centrées dans la fenêtre
- Simulation d'un générateur à bande large
- Correction de bande étroite à bande large
- Simulation d'un générateur d'impulsions asymétriques
- Impulsions en fenêtre temporelle de 111 µs
- Spectres d'impulsions bande large dans 9 kHz
- Effet de la compression sur un spectre calculé
- Calcul automatique de la THD
- Simulation de distorsion par intermodulation
- Création des gabarits normalisés

### 3 – MODÉLISATION DES COMPOSANTS PASSIFS

- Modélisation d'une résistance, condensateur, inductance
- Réseau en échelle
- Modélisation d'un condensateur électrochimique
- Modélisation d'une inductance variable en fréquence
- Comparaison mesure / simulation d'inductance de MC
- Modélisation d'un transformateur d'impulsions
- Composants magnétiques et ferrites absorbants
- Modélisation des Varistance/Transzorb/Transil/Eclateur
- Modèle de quartz (Cristal)

### 4 – MODÉLISATION DES COMPOSANTS ACTIFS

- Modélisation d'un ampli OP
- Slew Rate suivant modèle
- Modélisation PSRR, CMRR
- Simulation de la détection d'enveloppe
- Détection d'un étage d'entrée JFET
- Effet de l'impédance de sortie
- Simulation et effet de la distorsion de croisement
- Attention à la structure des filtres actifs
- Stabilité sur charge capacitive
- Simulation des tensions de déchet
- Simulation de densité spectrale de bruit incohérent

- Modèle IBIS
- Modélisation et recouvrement des diodes
- Simulation paramétrique d'ampli à transconductance

### 5 – INTÉGRITÉ DU SIGNAL

- Paramètres linéiques
- Utilisation de QUCS pour calcul de lignes
- Effet de stub d'un via en fréquence et fréquentiel
- Diagramme de l'œil
- Modélisation des pertes d'une ligne

### 6 – DIAPHONIE

- Diaphonie capacitive et inductive sur CIP
- Définition des impédances caractéristiques
- Extraction capacité/mutuelle des broches de connecteur
- Réduction de l'effet de bord d'un connecteur
- Effets d'une bonne répartition des broches
- Simulation de ligne pour modéliser la diaphonie
- Diaphonie entre lignes naturelles et microstrips adaptées
- Effets de l'augmentation des temps de transition
- Diaphonie fonction de Zc
- Diaphonie résonnante, cumulative

### 7 – ÉMISSION CONDUITE

- Principe et modélisation des perturbations en MD
- Schéma et modélisation d'un RSIL
- Simulation du Mode Différentiel en FFT et AC
- Simulation SPICE d'un convertisseur en MD
- Principe des perturbations en MC
- Modélisation en MC primaire à châssis
- Limitation des modèles de Mode Commun
- Principe de filtrage théorique en MD et MC
- Modélisation et perte d'insertion d'un filtre en MD et MC
- Simulation de couplage par rayonnement d'un filtre
- Etalement de spectre (SCC) : modulation triangulaire
- Synthèse d'un générateur de fonction cuspidé

### 8 – MODÉLISATION DES COUPLAGES

- Problèmes de l'émission rayonnée
- Evaluation des courants de MC sur les câbles
- Conversion de mode (dissymétrie)
- Modèle simple d'un câble coaxial en MC + MD
- Effet réducteur d'un câble coaxial en F et en T
- Effet d'une queue de cochon en F et en T
- Impédance d'un grillage (Fers à béton)
- Calcul et simulation d'une surtension foudre

### 9 – IMMUNITÉ CONDUITE

- Difficulté de modélisation des tests en mode commun
- Générateur WF4 + WF5 selon MIL-STD 461G/DO-160
- Simulation d'injection de WF4/WF5 sur un faisceau
- Générateur d'onde de choc 61000-4-5 en MD et MC
- Modélisation de pince d'injection BCI
- Atténuateur en PI
- Synthèse d'un filtre par QUCS
- Définition des paramètres S d'un filtre
- Mise au point d'un filtre avec les paramètres S

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de mettre en œuvre des mesures normalisées dans le domaine civil en comprenant les méthodes et les difficultés liées aux appareils de mesure, à l'installation et à la reproductibilité.

## À SAVOIR

### Public

- Responsables et techniciens en charge de la qualification CEM
- Ingénieurs et techniciens de bureau d'étude de conception électronique

### Postulats

- Connaissances de base des lois physiques

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations pratiques
- 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 : 3 jours soit 21 h

- Paris, du 24 au 26 septembre 2024

### Tarif

1 720 € HT

### Le but de cette formation est de :

- Connaître la réglementation en vigueur pour un système ou une installation
- Connaître les principales caractéristiques des équipements et dispositifs de mesure
- Être capable d'analyser et de mettre en œuvre les méthodes d'essais normalisés
- Se familiariser avec des méthodes d'essais normalisés en CEM au travers des démonstrations du formateur

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION - RAPPELS

- Rappels des réglementations
- Grandeurs et unités
- Puissance et tension
- Décibels
- Perturbation bande étroite / bande large
- Réciprocité des couplages
- Plan de contrôle CEM
- Organisation d'un laboratoire CEM

### 2 – PRINCIPES DES ANALYSEURS ET RÉCEPTEURS

- Représentation d'un signal
- Analyseur de spectre Superhétérodyne
- Analyseur de spectre FFT
- Analyseur de spectre en temps réel
- Mesureurs C.I.S.P.R.
- Erreur de mesure liée au ROS de la chaîne de mesure

### 3 – ÉMISSION CONDUITE

- Classification des matériels selon CISPR
- RSIL
- Mesures au RSIL
- Main artificielle
- Sonde de tension
- Pincettes de courant et pince absorbante
- Claquements CISPR
- Erreurs en émission conduite
- Courants harmoniques : CEI 61000-3-2
- Exemple des limites en émission conduite selon les différents domaines d'activité

### 4 – ÉMISSION RAYONNÉE

- Définition des champs EM
- Émission en rayonnement
- Spectre radioélectrique
- Site CISPR
- Antennes utilisées en CEM
- Facteur d'antenne et gain d'antenne
- Cages de Faraday et matériaux absorbants
- Site en champ libre, calibration d'un site
- Erreurs en émission rayonnée
- Exemple des limites en émission rayonnée selon les différents domaines d'activité

### 5 – MESURES D'IMMUNITÉ

- Norme CEI 61000-4-X
- Organisation des essais d'immunité
- Evaluation des résultats d'essais
- Formes des impulsions

### 6 – IMMUNITÉ CONDUITE

- Norme CEI 61000-4-2
- Exemple d'installation d'essai
- Essai 61000-4-4
- Application du test de transitoires rapides
- Essai CEI 6100-4-5
- 61000-4-5 : Réseaux de couplage
- Essai 61000-4-6
- CEI 61000-4-6 : Mise en œuvre
- Creux de tension et variations de tension
- Onde oscillatoire amortie
- Norme CEI 61000-4-13
- Synoptique de l'essai
- Norme CEI 61000-4-16
- EN 61000-4-16 : Mise en œuvre
- Erreurs fréquentes en immunité conduite

### 7 – IMMUNITÉ EN RAYONNEMENT

- Classes CEI 61000-4-3
- Amplificateurs de puissance
- Erreurs en immunité rayonnée

### 8 – CONCLUSION

- Résumé des différents essais
- Résumé des mesures CEM
- Causes de destruction de matériels
- Abréviations en CEM
- Bibliographie

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de mettre en œuvre des mesures normalisées dans le domaine aéronautique / militaire en comprenant les méthodes et les difficultés liées aux appareils de mesure, à l'installation et à la reproductibilité.

## À SAVOIR

### Public

- Responsables et techniciens en charge de la qualification CEM
- Ingénieurs et techniciens de bureau d'étude de conception électronique

### Postulats

- Connaissances de base des lois physiques

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations pratiques
- 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 : 3 jours soit 21 h

- Toulouse, du 26 au 28 mars 2024
- Paris, du 05 au 07 novembre 2024

### Tarif

1 720 € HT

## Le but de cette formation est de :

- Connaître la réglementation en vigueur pour un système
- Connaître les principales caractéristiques des équipements et dispositifs de mesure
- Être capable d'analyser et de mettre en œuvre les méthodes d'essais normalisés
- Se familiariser avec des méthodes d'essais normalisés en CEM au travers des démonstrations du formateur

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION - RAPPELS

- Rappels des réglementations
- Grandeurs et unités
- Puissance et tension
- Décibels
- Réciprocité des couplages
- Organisation d'un laboratoire CEM
- Organisation CEM du développement d'un équipement

### 2 – PRINCIPES DES ANALYSEURS ET RÉCEPTEURS

- Représentation d'un signal
- Analyseur de spectre Superhétérodyne
- Analyseur de spectre FFT
- Analyseur de spectre en Temps réel
- Filtrés de résolution normalisés Aéro / Militaires / Civils
- Erreur de mesure liée au ROS de la chaîne de mesure

### 3 – SPÉCIFICATIONS ET MISE EN ŒUVRE DES ESSAIS

- Plan de contrôle CEM
- Organisation des essais d'immunité
- Montage d'essai Aéro & Militaire
- Programme d'essai CEM

### 4 – ÉMISSION CONDUITE AÉRO & MILITAIRE

- Classification des matériels selon CISPR
- RSIL Aéro & Militaire
- Écart entre les 2 types de RSIL
- Mesures au RSIL
- Pincés de courant
- Section 21 : Emission conduite RF
- CE 101 / CE 101 / CE 106 : Emission conduite
- Exemple des limites d'émission en conduction Aéro & Militaire

### 5 – ÉMISSION RAYONNÉE AÉRO & MILITAIRE

- Emission en rayonnement
- Antennes utilisées en CEM
- Facteur d'antenne et gain d'antenne
- Cages de Faraday et matériaux absorbants
- Emission rayonnée méthode CRBM
- Section 15 : Emission rayonnée magnétique
- Section 21 : Emission rayonnée RF
- RE 101 / RE 102 / RE 103 : Emission rayonnée
- Exemple des limites d'émission en rayonnement Aéro & Militaire

### 6 – IMMUNITÉ CONDUITE AÉRO & MILITAIRE

- Section 16 : Entrée de puissance
- Section 17 : Pic de tension
- Section 18 : Susceptibilité conduite audio fréquence
- Section 19 : Susceptibilité aux signaux induits
- Section 20 : Susceptibilité RF conduite (BCI)
- CS 101 / CS 106 / CS 109 : Susceptibilité sur les alimentations et masses
- CS 103 / CS 104 / CS 105 : Susceptibilité sur le port d'antenne
- CS 114 : Susceptibilité RF conduite (BCI)
- CS 115 : Susceptibilité conduite à l'onde impulsionnelle
- CS 116 : Susceptibilité conduite à l'onde oscillatoire amortie

### 7 – IMMUNITÉ EN RAYONNEMENT

- Immunité en rayonnement
- Section 20 : Susceptibilité RF rayonnée
- Immunités aux champs forts (CRBM)
- RS 101 / RS 103 / RS 105 : Susceptibilité aux champs EM

### 8 – IMMUNITÉ AUX ONDES FOUDES

- DO-160 : Formes d'ondes induites par la foudre
- Ondes Aéronautique : Multiple Stroke / Multiple Burst
- Section 22 : Injection sur le faisceau
- Section 22 : Pin injection
- Section 23 : Injection directe
- Caractéristiques des composantes A/B/C/D du courant foudre

### 9 – ÉVOLUTION NORMATIVE

- DO-160 : comparaison des versions
- MIL-STD-461 : comparaison des versions

### 10 – CONCLUSION

- Résumé des mesures CEM
- Abréviations en CEM
- Bibliographie

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de résoudre les difficultés de mesures en CEM tant dans le domaine fréquentiel que temporel.

## 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
- Planificateurs de campagnes d'essais CEM
- Gestionnaires de parcs d'appareils de mesures CEM

### Postulats

- Avoir déjà réalisé des campagnes d'essais CEM et avoir un niveau de connaissance correspondant aux stages de mesures CEM civiles et/ou mesures CEM aéronautiques et militaires.

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 : 3 jours soit 21 h

- Paris, du 10 au 12 décembre 2024

### Tarif

1 810 € HT

## Le but de cette formation est de :

- Accéder à une connaissance approfondie des principes de mesure CEM
- Connaître et maîtriser les capteurs, transducteurs et antennes
- Pouvoir exploiter au maximum les appareils de mesure
- Connaître et maîtriser les difficultés de mesures temporelles et fréquentielles
- Pouvoir accumuler de l'expérience pour ensuite concevoir et mettre au point des chaînes de mesure CEM, les contrôler, les vérifier et estimer les incertitudes de mesures

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION - RAPPELS

- Unités et acronymes
- L'échelle des décibels
- Rappel sur les chaînes de mesure en CEM
- Essais normalisés de validation et essais d'investigation
- Mesures pilotées par logiciel et mesures manuelles
- Généralités sur les transducteurs utilisés en CEM

### 2 – TRANSDUCTEURS ANTENNES

- Applet Java Falstad : Electromagnétisme, antennes et propagation
- Rappels sur les types d'antennes
- Antennes actives et passives
- Paramètres des antennes
- Effet de la distance de mesure
- Effet de la polarisation
- Champ couplé / Plan de phase
- Paramètres des antennes
- Gain, directivité et aire équivalente
- Facteur d'antenne
- Antennes du type ligne de transmission
- Antennes du type cavité résonante
- Antennes cadre ou de Van Veen
- Champmètre large bande E / H
- Capteur E ou H / préampli associé
- Sondes de champ proche
- Problèmes de mesure du champ E

### 3 – AUTRES TRANSDUCTEURS UTILISÉS EN CEM

- Principe des sondes de tension passives et précautions
- Principe des sondes de tension actives et précautions
- Principe des sondes de tension différentielles et précautions
- Pourquoi mesurer plutôt des courants que des tensions
- Principe des sondes de courant passives et précautions
- Principe des sondes de courant actives et précautions
- Principe des sondes de courant de Rogowski
- Principe des pincés d'injection et précautions
- Utilisation de RSIL comme dispositifs d'injection
- Principe des cages de Faraday à brassage de mode
- Problèmes de mesure avec pince de courant

### 4 – DIFFICULTÉS EN MESURES TEMPORELLES

- Principes à respecter
- Bande passante et forme d'onde
- Mesure d'un temps de transition
- Bande passante d'échantillonnage
- Théorème de l'échantillonnage
- Mesure d'impulsion très courte
- Rapport signal sur bruit après échantillonnage
- Taux de distorsion : La THD et le FD
- Mesures de tension en flottant
- Chaîne de mesure à fibre optique
- Valeur redressée moyenne / efficacité vraie
- Problèmes des mesures électriques
- Erreurs fréquentes d'analyse temporelle

### 5 – DIFFICULTÉS EN MESURES FRÉQUENTIELLES

- Principes à respecter
- Distinguo analyseurs de spectre analogiques et FFT

- Relations entre les paramètres de la FFT
- Principe des analyseurs de spectre FFT
- Fenêtrage temporel (« time windowing »)
- Choix des fenêtrages pour les analyses FFT
- Analyseur de spectre FFT en temps réel
- Analyse de spectre analogique de signaux sinusoïdaux 1 MHz
- Analyse de spectre analogique de signaux impulsifs
- Analyse FFT basse fréquence par carte son de PC SpectrumLab
- Utilisation des analyseurs de spectre vectoriels
- Utilisation de la fonctionnalité «SPAN 0»
- «Span 0» pour contrôle de modulation
- Utilisation des fonctionnalités «Trigger»
- Identification du rayonnement four micro-ondes par «Trigger»
- Générateur poursuite et analyseur de réseau scalaire
- Ajustage d'un générateur de poursuite
- Bande étroite / bande large
- Réponses des détecteurs CISPR : «Peak», «QP», «RMS», «AVG»
- Spectre et densité spectrale
- Cohérence d'un bruit
- RBW (IF BW) normalisées
- Bruit gaussien
- Mesure de bruit bande large selon le détecteur
- Simulations d'analyse spectrale par LTSpice
- Facteur de bruit des analyseurs de spectre
- Bruit de deux étages en cascade
- Bruit selon le mode de détection
- 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 »
- Les 3 modes en conduction
- 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

### 6 – ESSAIS D'IMMUNITÉ

- Essais d'immunité en aéronautique selon DO-160
- Impulsion sinus / cosinus amortie
- Tests aéronautiques courant foudre
- Composantes foudre A, B et C
- DO-160 – 6 Formes d'ondes foudre
- Multiple burst / multiple strokes
- Transitoires induits selon DO-160
- Immunité « BF » de l'alimentation
- Susceptibilité aux signaux induits
- Détecteur à diode : Effet de la Modulation d'Amplitude
- Problèmes des amplis large bande
- Simulation par LTSpice de tests BCI
- Immunité à la pince (BCI)
- Chambre réverbérante / brasseur
- Cellule TEM (de Crawford)
- Problèmes des tests d'immunité avec RCD
- Comparaison de l'immunité 61000-4 3 / 61000-4 2
- Problèmes des tests d'immunité

### 7 - CONCLUSIONS

- Récapitulatif des sites Web intéressants
- Récapitulatif des logiciels utiles
- Bibliographie

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de proposer, de réaliser, et contrôler des chaînes de mesure pour essais de validation et d'investigation CEM en maîtrisant tous les maillons dont les antennes, amplificateurs, sites de mesures, réglages des appareils conformément aux normes ou à des demandes particulières.

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de laboratoire impliqués dans la mise en place et la maintenance de chaînes de mesure en CEM.
- Ingénieurs et techniciens impliqués dans le développement de logiciel de mesures et essais CEM.
- Responsables de laboratoires d'essais.

### Postulats

- Les stagiaires sont supposés avoir une expérience de mesures de CEM en laboratoire ou avoir suivi le module « Mesures CEM civiles » ou « Mesures CEM Aéronautiques et Militaires »

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 : 3 jours soit 21 h

- Paris, du 26 au 28 novembre 2024

### Tarif

1 810 € HT

## Le but de cette formation est de :

- Savoir mesurer / vérifier les caractéristiques des antennes utilisées en CEM
- Savoir mesurer/ vérifier les caractéristiques des transducteurs utilisés en CEM
- Savoir identifier et résoudre les difficultés en fréquentiel et en temporel, effets du bruit, des non-linéarités et tous les sources d'erreur déterminant les incertitudes de mesure
- Concevoir des protocoles de validation de chaînes de mesure et de logiciels de mesure en CEM
- Maîtriser l'évaluation des incertitudes de mesures des essais de CEM pour rédiger les documents exigés par les normes

## PROGRAMME

### 1 – RAPPELS DES PARAMÈTRES DES CHAINES DE MESURE

- Références documentaires : Normes CISPR 16 XXX
- Analyseurs de spectre : Facteur de bruit, dynamique, détecteurs, filtres RBW...
- Récepteur de mesure : Facteur de bruit, dynamique, détecteurs, filtres RBW
- Préamplificateurs : Bande, Facteur de bruit, Température de bruit, non-linéarités
- Paramètres d'adaptation : ROS, RL, S11, S22
- Paramètres de transmission : Gain / pertes, S21, S12
- Rappels sur les non-linéarités en RF & CEM Harmoniques, intermodulations
- Antennes : Gain, facteur d'antenne, impédance, diagramme de rayonnement...
- Câbles : Affaiblissement, impédance, Impédance de transfert
- Synthétiseurs de signaux : Fréquence, niveau, bruit de phase, modulation,
- Amplificateurs de puissance : Bande, distorsion harmonique, intermodulations.
- Cage de Faraday : Affaiblissement normalisé de site, efficacité de blindage
- Site de mesure espace libre : Affaiblissement normalisé de site

### 2 – APPAREILS DE VÉRIFICATION DES CHAINES DE MESURE

- Étalons de fréquence
- Atténuateurs étalons / charges coaxiales
- Générateurs de signaux synthétisés
- Analyseurs de spectre
- Récepteurs de mesure
- Générateur de poursuite des analyseurs de spectre
- Analyseurs de réseau ou vectoriels
- Wattmètres à diodes, bolomètres.
- Sites de mesure en espace libre.
- Antennes dipôle accordables
- Calibrateurs de champ
- Sources pour inter-comparaisons de laboratoires

### 3 – PROCÉDURES DE VÉRIFICATION DES CHAINES DE MESURE

- Références documentaires ; normalisation
- Validation de logiciels de mesures et essais CEM
- Vérification des capteurs de perturbations conduites
- Vérification des R.S.I.L
- Vérification des réseaux de couplage/ découplage
- Vérification des sondes de courant
- Calcul d'un capteur de courant à tore coupé
- Vérification des sondes de tension
- Distinguo : Fonction de transfert et perte d'insertion
- Vérification des filtres et réseaux de découplage
- Vérification des coupleurs directs
- Vérification des préamplificateurs
- Points d'interception du 2ème ordre et 3ème ordre
- Amplitudes des produits de distorsion
- Produits d'intermodulation du 3ème ordre
- Mesure pratique des P12 et P13
- Méthode des 2 tons
- Calcul des produits d'intermodulation d'ordre 3
- Vérification des amplificateurs large bande de puissance
- Vérification des câbles et connecteurs
- Vérification / étalonnage des antennes
- Vérification de l'affaiblissement normalisé des sites de mesures
- Vérification des cages de Faraday
- Vérification des cages de Faraday à brassage de modes

- Mesure d'effet réducteur de câble ; impédance de transfert, efficacité de blindage

### 4 – INCERTITUDES DE MESURES

- Rappels de terminologie
- Guide pour l'expression de l'incertitude GUM
- Rappels de statistiques et probabilités
- Analyse des sources d'incertitude en CEM
- Incertitudes liées au ROS
- Erreur maximale de mesure
- ROS et facteur de réflexion (RL)
- Perte de puissance par ROS / RL
- Incertitudes d'un étalonnage
- Loi de propagation de l'incertitude
- Incertitude type/composée/élargie
- Evaluation d'incertitudes de mesure en perturbations conduites
- Evaluation d'incertitudes de mesure en perturbations rayonnées
- Evaluation d'incertitudes de mesure en immunité conduite
- Evaluation d'incertitudes de mesure en immunité rayonnée
- Essais d'inter-comparaison entre laboratoires
- Critères de jugement : les 4 cas

### 5 – ACCESSOIRES, MONTAGES D'AIDE, ASTUCES

- Logiciels gratuits pour adaptation d'impédance
- Logiciels gratuits pour du filtrage
- Utilisation de LTspice : Conversion MC / Mdiff
- Problèmes de mesure au RSIL
- Séparateur monophasé MC / MD
- Mesure d'un bruit de masse
- Mesure pratique de l'impédance d'une ligne
- Choix des connecteurs coaxiaux
- Construire une sonde de courant à tore coupé
- Construire des coupleurs directs
- Construire des sondes très large bande 1/10
- Construire des boîtiers écrêteurs de surtensions
- Construire une antenne en champ E active
- Construire un atténuateur de puissance
- Impédance de transfert / mesure
- Mesure de dissymétrie de paire
- Coupleur directif / Vérification
- Analyseur vectoriel (de réseau)
- Perte d'insertion / Paramètres S
- Amélioration du ROS par atténuateur
- Mesure d'atténuation de blindage avec récepteur radio sur clef USB
- Mesure d'atténuation de blindage avec générateur d'harmoniques
- Mesure d'atténuation de blindage avec Smartphone
- Vérification rapide de modulations avec l'outil AdalmPluto
- Autres réseaux de couplage CEI
- RSIL 5µH aéronautique
- Applications sur smartphones pour les RF & CEM

### 6 – PRÉCAUTIONS POUR L'EXPOSITION HUMAINE

- Exposition humaine aux courants induits BF
- Exposition humaine au champ électrique BF
- Exposition à l'induction magnétique BF
- Résumé des niveaux déclenchant l'action
- Effet biologique d'une impulsion brève

### 7 – CONCLUSIONS

- Récapitulatif des sites Web intéressants
- Récapitulatif des logiciels utiles
- Bibliographie

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire connaîtra l'ensemble des éléments à prendre en compte lors de l'ajout d'une transmission sans fil radio à un équipement électronique.

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de bureau d'étude en électronique
- Concepteurs et intégrateurs de systèmes

### Postulats

- Connaissances en électronique
- Pas de connaissance en électronique haute fréquence
- Pas de connaissance en mathématique

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- 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 : 3 jours soit 21 h

- Grenoble, du 26 au 28 novembre 2024

### Tarif

1 810 € HT

## Le but de cette formation est de :

- Être capable de comprendre les particularités de la propagation radio
- Connaître les technologies et solutions actuelles du marché
- Maîtriser l'environnement et les contraintes réglementaires propres aux solutions wireless
- Analyser les précautions d'intégration en conception schématique et développement CAO
- Comprendre et maîtriser les problématiques et solutions de conception et d'intégration d'une antenne

## PROGRAMME

### 1 – BASES ET DÉFINITIONS

- Transmission radio
- Propagation radio & décibel
- Propagation radio & bilan
- Propagation radio
- Propagation radio : pertes d'environnement
- Propagation radio : trajets multiples
- Polarisation d'une onde

### 2 – ANALYSEUR DE SPECTRE RF + DEMO

- L'analyseur de spectre : les pièges
- RBW Automatique
- Bandes de fréquences ISM : Sub-Giga (HF)
- Bandes de fréquences ISM : Up-Giga (VHF-UHF)
- Bandes de fréquences ISM : Up-Giga (SHF-EHF)
- Bandes de fréquences ISM : Intérêt de telle ou telle
- Bandes interdites
- Solutions techniques : Emetteur : Pilote & PLL
- Solutions techniques : Emetteur : Ennemi du VCO
- Solutions techniques : Emetteur : Modulation I/Q – 1
- Solutions techniques : Emetteur : Modulation I/Q – 2
- Solutions techniques : Récepteur : Démodulateur I/Q
- Solutions techniques : Récepteur : Synoptique homodyne
- Solutions techniques : Récepteur : Mélangeur
- Solutions techniques : Récepteur : Synoptique hétérodyne
- Adaptation d'impédance – 1
- Adaptation d'impédance – 2
- Adaptation d'impédance et Aabaque de Smith
- Lignes de transmission & impédance caractéristique

### 3 – LIGNES DE TRANSMISSION

- Lignes de transmission & impédance caractéristique
- Lignes de transmission & Structure Microstrip
- Lignes de transmission & matching
- Paramètres S
- L'analyseur de réseau vectoriel

### 4 – MODULATIONS, PROTOCOLES & STANDARDS

- Modulations numériques simples
- Filtrage numérique
- Modulations numériques composées
- Protocoles : Pile logicielle
- La trame radio type
- Détection et gestion des erreurs
- Accès au canal et Collisions

### 5 – MODULATIONS, ENCOMBREMENT SPECTRAL

- NFC / RFID (nfc-forum) @ 13,56 MHz
- Bluetooth 2.1 (bluetooth.com & org)
- Bluetooth Low Energy
- Bluetooth 4.2, 5
- 802.15.4 / Zigbee
- 802.11x : WIFI
- LPD / ISM – Le standard WMBus
- Standards en vigueur & subtilités...

### 6 – NORMES, CONFORMITÉ & APPLICATION

- Hiérarchie réglementaire
- Textes directeurs :
  - les grandes lignes de la REC 70.03
- Radio : EN 300-220
- Radio : EN 300-328
- Nocivité & Directive santé
- Equipements sous « Autorisation d'émettre »
- EN 300-113 (v2.1.0) & divers
- CEM dédiée Radio : EN 301-489-x (V3.1.0)
- Les Amériques : FCC & dérivés
- Le puzzle asiatique

### 7 – SOLUTIONS TECHNIQUES - CONCEPTION

- Chips ou Modules
- Intégration schématique d'un émetteur
- Inductances, Quartz, Filtres de bande RX SAW
- Filtrage RF des signaux et des alimentations
- CAO PCB
- Validation – Fonctionnel
- Etalement de spectre - Principe fondateur
- Etalement de spectre – FHSS, DSSS, OFDM
- Amélioration du bilan de liaison – Diversité d'espace
- Amélioration du bilan de liaison – Diversité de polarisation
- Amélioration du bilan de liaison – Diversité de fréquence

### 8 – SOLUTIONS DU MARCHÉ, LOW POWER & LPWAN

- Solutions intégrées – Panorama du marché
- Solutions intégrées – Les limites des composants
- Solutions intégrées – La référence de fréquence RF
- Solutions intégrées – Les éléments clés de spécification
- Application Low Power
- LPWAN / ISM @ 868 MHz

### 9 – ANTENNES

- Antennes intégrées quart d'onde
- Antennes intégrées
- Antennes imprimées
- Antennes céramiques
- Conception et simulation
- Conception : antennes discrètes

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de mettre en oeuvre les points CEM critiques dans la conception et la mise au point d'un convertisseur.

### Le but de cette formation est de :

- Etre capable de comprendre comment les perturbations conduites et rayonnées sont émises par les convertisseurs
- Savoir concevoir et maîtriser les différentes topologies de filtrage
- Savoir identifier et faire les bons choix de topologies
- Diagnostiquer les «défauts» des composants pour bien les choisir
- Appliquer des astuces de conception visant à réduire les problèmes en CEM

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens concepteurs de convertisseurs

### Postulats

- Bac +2 en électronique ou électrotechnique  
- Avoir déjà conçu un convertisseur

### Méthodes pédagogiques

- 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
- Paris, du 03 au 06 décembre 2024

### Tarif

2 360 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- L'échelle des décibels
- Modes commun et différentiel
- Spectre fréquentiel bande étroite
- Densité spectrale d'une impulsion
- Modes de détection et CISPR
- Réseaux fictifs (RSIL)
- Limites civiles, militaires et D0160
- Spécificités en aéronautique
- Les 5 types de perturbations
- Charte de réactance BF
- Le plan U.I.

### 2 – IMMUNITÉ DES CONVERTISSEURS

- Surtension à l'enclenchement
- Le risque de latch-up
- Normes d'immunité aux surtensions
- Varistances et leurs mises en œuvre
- Protection d'un PFC ou d'un boost
- CTP et fusibles réarmables
- Risque des optocoupleurs linéaires
- Routage d'un circuit de commande
- Conduction continue / discontinue

### 3 – CONVERTISSEURS DE PUISSANCE

- MC et MD d'un pont de Graetz
- Distorsion de l'onde d'alimentation
- Facteurs de puissance et de forme
- Distorsiomètre et mesure de THD
- Effets d'un PFC sur la CEM
- Pont dodécaphasé à autotransfo
- Recouvrement des diodes
- Rôles et calcul d'un snubber
- Mise au point pratique d'un damper
- Convertisseurs multi-niveaux

### 4 – PERTURBATIONS DE MODE COMMUN

- Calcul d'une perturbation en MC
- Réduction des capacités chaudes
- Courants de MC sur câble interne
- Mode commun entrée à sortie
- Faut-il faire flotter les sorties ?
- Les 3 cas de MC entrée à sortie
- Transformateurs à écran interne
- Choix d'un écran de MC bobiné
- Alimentation sans self de MC
- Séparateur monophasé MC / MD
- Spectre émis avant filtrage
- Perte d'insertion en MC
- Choix de simple / double cellule
- Mode commun d'un pont en H
- Saturation d'une self de MC
- Méthodes de mesure et d'analyse
- Mode commun induit par champ H
- Pièges des filtres d'alim en MC
- Méthode d'optimisation en MC

### 5 – PERTURBATIONS DE MODE DIFFÉRENTIEL

- Impédance d'un condensateur
- Calcul d'une perturbation en MD
- Maîtrise du câblage
- Critiques d'un filtre de CEM
- Spectre en MD avant filtrage
- Perte d'insertion en MD
- Choix de simple / double cellule
- Amortissement d'un L-C en MD
- Filtrage sur un bus continu
- MD induit par champ magnétique
- Effets des RSIL 5 µH / 50 µH
- Pièges des filtres d'alim en MD
- Réduction de bruit par multiphases
- Filtre définitif MC + MD
- Influence de la puissance fournie
- Filtrage optimal d'une petite alim

### 6 – RAYONNEMENT DES CONVERTISSEURS

- Rayonnement en champ E et H
- Petite boucle / petit fouet
- Rayonnement du câble d'alimentation
- Pot magnétique et rayonnement BF
- Risque d'oscillation d'un pont en H
- Sources de rayonnement HF
- Réduction de l'émission à la source
- Revue du tracé d'un convertisseur
- Pièges en émission rayonnée
- Réalisation d'une pince sensible
- Évaluation de l'émission rayonnée
- Méthode de réduction de l'émission

### 7 – COMPOSANTS ET STRUCTURES

- Effet de peau d'un fil en alternatif
- Champ et induction magnétiques
- Diagramme de Fresnel
- Perméabilités magnétiques  $\mu'$  et  $\mu''$
- Épaisseur de peau dans le ferrite
- Mesure de la perméabilité initiale
- Saturation d'un tore magnétique
- Capacité : Méthode de bobinage
- Inductance à flux compensé (PFC)
- Bobinage haute tension / Paschen
- Rôles d'un entrefer et  $\mu$  apparent
- Mesure de self BF selon le courant
- Matériaux à entrefers répartis
- Matériau amorphe / « mag amp »
- Mesures scalaires d'un transfo
- Champ magnétique dans un transfo
- Self de fuite / bobinages entrelacés
- Pertes cuivre supplémentaires
- Circuits magnétiques planar
- Couplages entre secondaires
- Mise de condensateurs en parallèle
- Circuits sur SMI
- Réduction des pertes / abaisseur
- Alimentations capacitatives
- Choix d'une sonde différentielle
- Résonance série / parallèle
- Simulation SPICE en MD et en MC

## Objectifs :

Encadrer et suivre un programme d'essai en environnement en intégrant les fondamentaux d'essais - Apporter une vision globale et réaliste des contraintes et des exigences à prendre en compte dans le cahier des charges d'un essai - Optimiser la coordination technique avec les laboratoires d'essais.

### Le but de cette formation est de :

- Savoir reconnaître les grandeurs physiques des essais mécaniques, climatiques et CEM
- Identifier les domaines d'application des normes d'essais
- Analyser un cahier des charges produit
- Identifier les étapes clés d'un programme d'essais
- Construire un cahier des charges type et les indicateurs de suivi
- Programmer les actions à mener pour tenir sa mission de chef de projet

## À SAVOIR

### Public

- Chefs de projet  
- Responsables produits

### Postulats

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats  
- Action de formation :  
• Support de cours  
• Le formateur utilisera les moyens d'essais du laboratoire SOPEMEA pour vous permettre d'appréhender sur le terrain, la réalité des différentes grandeurs physiques à intégrer. SOPEMEA, proposera des exemples pédagogiques mais vous pourrez aussi apporter un cas spécifique  
- 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 : 2 jours soit 14 h
- Vélizy, du 10 au 11 décembre 2024

### Tarif

1 730 € HT

## PROGRAMME

### 1 – MIEUX CONNAÎTRE LES DIFFÉRENTS TYPES D'ESSAIS

- Comprendre les objectifs de tous les types d'essai et les grandeurs physiques associées
- Se rendre compte de la réalité de chaque grandeur physique par une simulation d'essai sur les moyens du laboratoire

### 2 – INTÉGRER LES CONTRAINTES DES NORMES ET DES LABORATOIRES D'ESSAIS

- Savoir extraire les niveaux d'essais à partir des normes, en fonction du domaine d'application (automobile, aéronautique, civil et militaire,...)
- Intégrer dans une démarche projet et dans sa demande au laboratoire, la méthodologie de réalisation d'un essai et les contraintes associées

### 3 – RÉDIGER UN CAHIER DES CHARGES ESSAIS À PARTIR DES SPÉCIFICATIONS PRODUIT

- Analyser de façon critique un cahier des charges produit, intégrer les étapes importantes dans le programme d'essai
- Réaliser une étude de cas

### 4 – PILOTER LE DÉROULEMENT DE L'ESSAI

- Structurer la planification de l'essai et la coordination des différents acteurs
- Mettre en place des indicateurs de suivi adaptés aux différents types d'essais

# SOP0502 - Les fondamentaux en calcul dynamique de structure

## Objectifs :

*Simuler un essai en intégrant les fondamentaux du calcul dynamique - Savoir modifier et recalculer le modèle à partir des résultats d'essais - Prendre en compte dans une simulation numérique, les contraintes et les exigences d'un programme d'essai.*

### Le but de cette formation est de savoir utiliser :

- Les notions de mécanique vibratoire d'un système à 1 DDL ou n DDL ainsi que les modes propres
- La méthode de calculs pour éléments finis
- Le recalage modal
- Le principe de la simulation d'un choc
- Le principe de la simulation d'une excitation aléatoire

## À SAVOIR

### Public

- Chefs de projet calcul
- Responsables ou ingénieurs bureaux d'études

### Postulats

- Avoir déjà réalisé des calculs en mécanique
- Niveau Ingénieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Le formateur proposera aux participants des exemples pratiques et illustrera la problématique du recalage. Il fera faire aux participants des exercices pratiques et les corrigera en salle
- 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 : 2 jours soit 14 h
- Vélizy, du 02 au 03 octobre 2024

### Tarif

1 560 € HT

## PROGRAMME

### 1 – DÉFINIR LA STRUCTURE D'UN SYSTÈME À 1 OU N DDL

- Caractériser un système, identifier les types d'excitation
- Définir les fonctions de transfert
- Déterminer les modes propres d'un système à n DDL
- Étude de cas sur les effets de la masse, de la raideur de l'amortissement, et du couplage des modes

### 2 – RECALER LE MODÈLE À PARTIR D'UN ESSAI

- Objectifs du recalage modal
- Descriptif de la technique du recalage modal
- Exercice pratique de recalage modal sur un modèle non recalé

### 3 – DÉTERMINER LA RÉPONSE DYNAMIQUE D'UNE STRUCTURE SOUMISE A DES CONTRAINTES DYNAMIQUES

- Définir les données pour mener un calcul numérique
- Prendre en compte l'excitation dynamique,
- Analyser la réponse

### 4 – METTRE EN OEUVRE LA SIMULATION D'UN CHOC ET D'UNE EXCITATION ALÉATOIRE

- Comprendre la technique les spectres de réponses aux chocs et l'excitation aléatoire
- Appliquer cette technique sur un modèle pratique et analyser la réponse de la structure

# SOP0503 - Les fondamentaux des essais de vibration

## Objectifs :

*Sensibiliser les participants à la perception réaliste et pertinente des différents ordres de grandeur physiques. - Conduire et analyser une campagne d'essais - Optimiser la définition de l'essai et son déroulement.*

### Le but de cette formation est de :

- Savoir utiliser les grandeurs physiques de l'environnement mécanique d'une structure
- Déterminer le moyen de mesure et d'essai en fonction du programme
- Comprendre les exigences des normes d'essais
- Participer à la réalisation d'essais mécaniques
- Analyser les résultats d'essais

## À SAVOIR

### Public

- Chefs de projet, ingénieurs ou techniciens ayant la responsabilité du suivi des essais
- Responsables produit

### Postulats

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Le formateur proposera aux participants des applications pratiques réelles sur les moyens d'essais du laboratoire SOPEMEA pour leur permettre d'appréhender sur le terrain, la réalité des différentes grandeurs physiques à intégrer en apportant son expérience quotidienne des essais. Les participants pourront, s'ils le désirent, apporter des cas spécifiques
- 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 : 3 jours soit 21 h
- Vélizy, du 19 au 21 mars 2024
- Vélizy, du 15 au 17 octobre 2024

### Tarif

2 190 € HT

## PROGRAMME

### 1 – CLARIFIER LES FONDAMENTAUX

- Revisiter les grandeurs physiques et leur réalité
- Rappeler les objectifs et les paramètres utilisés pour les différents types de vibrations : sinus, aléatoire, chocs, combiné, SRC

### 2 – IDENTIFIER LES BONS MOYENS D'ESSAIS

- Interpréter les capacités et performances des différents moyens électrodynamiques, électrohydrauliques, machines à choc et systèmes de pilotage
- Choisir les capteurs de mesure et leurs implantations
- Utiliser le traitement du signal adapté

### 3 – SUIVRE ET ANALYSER UNE CAMPAGNE D'ESSAIS

- Définir un besoin en montage d'essais
- Choisir la stratégie pilotage : les principes de base, la stratégie multipoint et le notching
- Analyser les résultats des mesures, à partir de cas pratiques

### 4 – RÉDIGER UNE PROCÉDURE D'ESSAI

- Comprendre la justification des points clés du contenu
- Intégrer les contraintes et libertés concernant l'ordre de réalisation des essais
- Réaliser une application concrète et évaluer vos points de vigilance

# SOP0504 - Les fondamentaux des essais climatiques

## Objectifs :

*Sensibiliser les participants à la perception réaliste et pertinente des différents ordres de grandeur physiques - Conduire et analyser une campagne d'essais - Optimiser la définition de l'essai et son déroulement.*

### Le but de cette formation est de :

- Utiliser les grandeurs physiques de l'environnement climatique d'une structure
- Déterminer le moyen de mesure et d'essai en fonction du programme
- Comprendre les exigences des normes d'essais
- Participer à la réalisation d'essais climatiques
- Analyser les résultats d'essais

## À SAVOIR

### Public

- Chefs de projet, ingénieurs ou techniciens ayant la responsabilité du suivi des essais
- Responsables produit

### Postulats

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Le formateur proposera aux participants des applications pratiques réelles sur les moyens d'essais du laboratoire SOPEMEA pour leur permettre d'appréhender sur le terrain, la réalité des différentes grandeurs physiques à intégrer en apportant son expérience quotidienne des essais. Les participants pourront, s'ils le désirent, apporter des cas spécifiques
- 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 : 2 jours soit 14 h
- Vélizy, du 20 au 21 novembre 2024

### Tarif

**1 560 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – CLARIFIER LES FONDAMENTAUX

- Revisiter les grandeurs physiques et leur réalité
- Illustrer les notions de couplage de température, pression, humidité

### 2 – IDENTIFIER LES MOYENS D'ESSAIS

- Interpréter les capacités et performances des différentes enceintes
- Choisir les capteurs de mesure en fonction de contraintes climatiques de l'essai

### 3 – COMPRENDRE LES EXIGENCES DES NORMES

- Présenter les différents types d'essais (chaleur sèche et humide, brouillard salin, dépressions, chocs thermiques ...) et leurs objectifs

### 4 – SUIVRE ET ANALYSER UNE CAMPAGNE D'ESSAIS

- Connaître les paramètres nécessaires à la mise en œuvre des essais : matériels et installations
- Comprendre la stratégie de pilotage : les limites, les contraintes
- Analyser les résultats des mesures et les anomalies sur le matériel, à partir de cas concrets

# SOP0801 - Les fondamentaux en séisme

## Objectifs :

*Sensibiliser les participants à la perception réaliste et pertinente des différents ordres de grandeur physique - Conduire et analyser une campagne d'essais - Optimiser la définition de l'essai et son déroulement.*

### Le but de cette formation est de :

- Identifier les grandeurs physiques du comportement d'une structure au séisme
- Identifier les différents types de séisme, ainsi que leurs objectifs
- Déterminer le moyen d'essai et l'instrumentation associée en fonction du programme et du matériel à tester
- Appréhender le niveau de sévérité de séisme par calcul
- Interpréter les résultats obtenus

## À SAVOIR

### Public

- Chefs de projet,
- Ingénieurs ou techniciens non spécialistes ayant la responsabilité du suivi des essais
- Responsables produits
- Concepteurs d'équipement pour centrale nucléaire

### Postulats

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des Postulats
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exposés et exercices pratiques sur moyens d'essais
- Évaluation des acquis :
  - QCM en fin de session

### Modalités pédagogiques

- Formation d'adaptation et de développement des compétences dispensée en présentiel ou en distanciel
- 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 : 2 jours soit 14 h
- Vélizy, du 26 au 27 mars 2024
- Vélizy, du 25 au 26 juin 2024
- Vélizy, du 26 au 27 novembre 2024

### Tarif

**1 960 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – CLARIFIER LES FONDAMENTAUX DU SÉISME

- Revisiter les grandeurs physiques et leur réalité
- Illustrer les notions de résonance, d'amplification et d'amortissement
- Rappeler les objectifs et les paramètres utilisés pour les essais de séisme : SRC, ZPA, accélérogramme
- Revisiter les normes IEEE de séisme

### 2 – IDENTIFIER LES MOYENS D'ESSAIS

- Interpréter les capacités et performances des différents moyens d'essais électrohydrauliques, machines à chocs et systèmes de pilotage
- Choisir les capteurs de mesure et leur implantation
- Utiliser le traitement du signal adapté

### 3 – SUIVRE ET ANALYSER UNE CAMPAGNE D'ESSAIS

- Définir un besoin en montage d'essais
- Choisir la stratégie pilotage
- Analyser les résultats des mesures
- Suivre un essai de séisme sur notre moyen d'essai

### 4 – COMPRENDRE LE CALCUL AU SÉISME

- Comprendre les hypothèses à prendre en compte.
- Comprendre la méthodologie du calcul
- Analyser les résultats et les effets d'un séisme sur l'équipement

# 38 Conditions Générales de Vente applicables aux actions de formation

## 1 - DÉSIGNATION

Le terme général AEMC est utilisé pour désigner l'une des entités appartenant au groupe SOPEM.

## 2 - DÉFINITIONS

Pour l'interprétation des présentes conditions générales, les termes ci-dessous devront être interprétés par rapport aux définitions du présent article.

- Action de Formation : Processus mis en oeuvre, dans un temps déterminé, pour permettre d'atteindre les objectifs pédagogiques de la formation. Les actions de formation financées par les employeurs (L. 6353-1 du Code du Travail) se déroulent conformément à un programme pré-établi en fonction d'objectifs pédagogiques préalablement déterminés qui précise les moyens pédagogiques et d'encadrement mis en oeuvre et définit un dispositif permettant de suivre l'exécution de ce programme et d'en apprécier les résultats.
- Client : désigne le donneur d'ordre privé, public ou la personne physique,
- Formation Inter : formation qui regroupe des personnes, salariés, agents, de diverses entités dans une même action de formation.
- Formation Intra : formation qui regroupe des personnes, salariés, agents d'une même entité dans une même action de formation.
- Organisation : désigne une entité publique ou privée faisant appel à AEMC.
- Règlement Intérieur : document écrit par lequel AEMC détermine, pour les actions dans ses centres, les principales mesures applicables en matière de santé et de sécurité, les règles applicables en matière de discipline ainsi que les modalités selon lesquelles est assurée la représentation des stagiaires pour les actions de formation d'une durée totale supérieure à 500 (cinq cents) heures et ce, conformément aux dispositions de l'article L. 6352-4 du Code du Travail.
- Stagiaire : personne engagée et active dans un processus d'acquisition ou de perfectionnement des connaissances et de leur mise en oeuvre.

## 3 - OFFRE

L'offre de Formation AEMC est matérialisée par un document écrit adressé au client. Le catalogue des formations et le site «aemc.fr» constituent les moyens de présentation des offres AEMC. Les informations issues du site mises à jour régulièrement priment sur celles du catalogue papier, toutefois, c'est toujours la version du catalogue jointe à l'offre ou au contrat qui s'ensuit qui prévaut.

## 4 - FORMATION DU CONTRAT

Le contrat pour l'Action de Formation est irrévocablement formé dès la signature et l'envoi par le Client à AEMC du bon de commande dûment complété figurant en fin de catalogue ou d'un document écrit et signé (lettre, courriel ou télécopie). Toute modification ultérieure du contrat ne sera effective qu'après signature d'un avenant par les deux parties.

## 5 - COMMANDE

Toute commande d'Actions de Formation ne prend effet qu'à réception d'un bon de commande dûment complété et signé par le Client ou de tout autre document écrit et signé (lettre, courriel ou télécopie) indiquant précisément :

- l'identité du client
- le titre, la référence, les dates et lieu de la Formation,
- le nom et prénom du ou des Stagiaires,
- l'adresse à laquelle doivent être envoyés les documents de stage,
- l'adresse de facturation.

AEMC adresse, en retour, un accusé de réception rappelant notamment la Formation commandée, les conditions financières et les modalités de réalisation de la Formation. En cas de financement par un opérateur de compétences (Organisme financeur), la prise en charge des frais de formation par ce dernier doit être communiquée à AEMC avec le bon de commande. C'est sur la base de cette prise en charge, que les services formation sont autorisés à facturer à l'Organisme financeur pour le compte du Client. Si cette prise en charge n'est pas parvenue à AEMC avant le début de la session, celle-ci facturera au Client les frais de formation correspondants. Aucun avoir ne sera établi par AEMC pour refacturation ultérieure à l'Organisme financeur.

## 6 - CONVOCATION

Dans le cas d'une Formation Inter, une convocation mentionnant les informations relatives à la session (date, lieu, horaires, règlement intérieur, plan d'accès etc.) est adressée, à l'avance, au Client, lequel se charge, à son tour, de transmettre les éléments à chacun de ses Stagiaires. Dans le cas d'une Formation Intra, une confirmation de réalisation est adressée au Client. Cette confirmation vaut accusé de réception de la commande.

## 7 - RÈGLEMENT INTÉRIEUR

La transmission par le Client à AEMC du bon de commande ou de tout autre document d'inscription signé implique l'adhésion du Client au Règlement Intérieur du lieu de la formation. Le Client se porte fort du respect par les Stagiaires du Règlement Intérieur. Conformément aux articles R.6352-2 et L.6352-3 et suivants du Code du Travail, le Règlement Intérieur s'impose à l'ensemble des Stagiaires accueillis.

## 8 - REPORT ANNULATION ET DROIT DE RÉTRACTATION

AEMC se réserve la possibilité de reporter ou d'annuler la Formation si l'effectif est insuffisant pour permettre sa conduite pédagogique. Dans ce cas, il en informe le Client dans les plus brefs délais. Toute annulation de Formation par le Client doit être communiquée par écrit à AEMC au minimum 15 (quinze) jours avant le début de celle-ci. Dans ce cas, le Client conserve la faculté de demander à AEMC le report ou l'annulation de :

- l'inscription du ou des stagiaires pour les Formations Inter ;
- la réalisation d'une ou de plusieurs Formations Intra.

Passé ce délai AEMC facture au Client y compris lors du financement prévu initialement par un Organisme financeur, à titre de dédit, une somme égale à 30% du montant de la formation pour une annulation entre le 15<sup>e</sup> et le 7<sup>e</sup> jour avant le début de celle-ci, de 50% du montant de la formation pour une annulation entre le 6<sup>e</sup> et le 2<sup>e</sup> jour, et de 100% de ce montant pour une annulation 2 jours ouvrés avant le début de la formation. Ce dédit fait l'objet d'une facturation distincte de celle de la convention de formation. Tout stage commencé est dû en totalité à AEMC. Conformément à la réglementation du Code du travail, le Client personne physique (à savoir le bénéficiaire entreprenant une formation à titre individuel et à ses frais) est libre de se rétracter par lettre recommandée avec avis de réception et d'annuler sa commande dans un délai de :

- 14 jours à compter de la signature du contrat si ce dernier a été conclu à distance ou hors établissement.
- 10 jours à compter de la signature du contrat dans les autres hypothèses.

Aucune somme ne pourra être exigée avant l'expiration du délai de rétractation.

## 9 - PRIX

Les prix sont indiqués en hors taxes. Ils sont à majorer de la TVA au taux en vigueur. Les prix des stages sont ceux figurant sur les tarifs en vigueur ou sur la proposition commerciale pour les actions spécifiques. Les tarifs sont susceptibles d'être modifiés si les variations économiques le rendent nécessaire. Ils comprennent les frais d'animation et les supports de cours remis à chaque Stagiaire. Certains documents particuliers (publications, livres, normes...) peuvent faire l'objet d'une facturation supplémentaire. Les frais de déplacement et d'hébergement ne sont pas compris dans le prix du stage. Les prix sont susceptibles de varier à tout moment.

## 10 - FACTURATION

La facture définitive est établie et adressée au Client à l'issue de chaque prestation effectuée. Pour les actions entrant dans le champ de la formation professionnelle continue, AEMC peut établir une facture valant convention de formation conformément aux dispositions du droit français.

## 11 - RÈGLEMENT ET PÉNALITÉ DE RETARD

Les factures sont payables dans un délai de 30 jours, le 10, aucun escompte n'étant accordé pour un paiement anticipé. Si le Client souhaite que le règlement soit émis par l'OPCO dont il dépend, il lui appartient de :

- faire une demande de prise en charge avant le début de la formation,
- l'indiquer explicitement sur son bon de commande ou son bulletin d'inscription,
- s'assurer du paiement par l'organisme qu'il aura désigné.

Si l'Organisme financeur ne prend en charge que partiellement le coût de la Formation, le complément de facture sera adressé au Client.

Si AEMC n'a pas reçu la prise en charge de l'Organisme financeur avant le début de la Formation (voir article 5), le client sera facturé de l'intégralité du coût de la Formation.

En cas de non paiement par l'Organisme financeur, le Client restera redevable de l'intégralité du coût de la Formation et sera facturé du montant correspondant.

En cas de retard de paiement, sans qu'il soit besoin d'une mise en demeure préalable, AEMC appliquera une pénalité due mensuellement, qui commencera à courir à compter du jour où la facture est exigible, avec un intérêt annuel égal au taux de refinancement de la Banque Centrale Européenne, majoré de 10 points, en vigueur à l'échéance prévue. Conformément aux dispositions légales fixant le montant de l'indemnité forfaitaire pour frais de recouvrement dans les transactions commerciales prévues à l'article L. 441-6 du Code de commerce, AEMC se réserve le droit d'exiger du Client le versement d'une indemnité forfaitaire d'un montant de 40€ pour frais de recouvrement et ce, sans aucune formalité préalable. Dans l'hypothèse où les frais de recouvrement engagés par AEMC seraient supérieurs au montant de cette indemnité forfaitaire, AEMC pourra demander au client une indemnisation complémentaire sur justificatifs.

## 12 - NATURE ET CARACTÉRISTIQUES DE LA MISSION AEMC

L'action AEMC s'inscrit dans le cadre de ses statuts et des textes législatifs et réglementaires en vigueur, notamment des dispositions complémentaires figurant dans les présentes conditions générales. En l'absence de textes à caractère d'ordre public, cette action peut s'exercer dans le cadre des spécifications de ses Clients. Déroulement de l'Action de Formation : L'Action de Formation s'exerce au travers d'apports théoriques effectués par le ou les intervenants choisis par AEMC, lesquels peuvent être matérialisés dans des supports remis aux Stagiaires. Les Postulats sont définis d'un commun accord, mais en règle générale le choix des Stagiaires aptes à suivre la Formation est de la responsabilité du Client. La vérification des connaissances ainsi acquises peut se traduire par une évaluation en fin de stage. Les modalités d'évaluation sont définies par AEMC.

## 13 - LIMITES DE MISSION

Dans les cas où l'Action de Formation est réalisée au sein de locaux mis à disposition par le Client, ce dernier s'engage à ce qu'ils soient en tous points conformes à la réglementation applicable.

Pour toute Action de Formation nécessitant la mise en oeuvre de matériels, appareils, équipements ou installations appartenant au Client ou dont il a la garde ou assure l'exploitation, ce dernier s'engage à ce qu'ils soient en tous points conformes à la réglementation applicable. AEMC ne peut, en aucun cas, être tenue responsable du fonctionnement et de l'exploitation des installations, appareils ou autres objets situés dans les locaux où la Formation est effectuée. Dans ces conditions, la responsabilité d'AEMC ne peut être engagée, à quelque titre que ce soit, pour les dommages que pourraient subir ces installations, appareils ou objets ou pour les accidents et leurs conséquences dont ces installations, appareils ou objets seraient à l'origine, et notamment pour les pertes d'exploitation susceptibles d'en résulter. Seule une faute caractérisée, commise dans le cadre strict de sa mission de Formation, est susceptible d'engager la responsabilité d'AEMC. AEMC contracte une assurance couvrant sa responsabilité civile professionnelle et les différents risques susceptibles d'engager sa responsabilité. Le Client, de son côté, doit se garantir contre les risques qu'il ferait encourir aux agents d'AEMC et les accidents ou incidents dont la responsabilité lui incomberait. Pour l'exécution de ces Actions de Formations, AEMC souscrit une obligation de moyen. La responsabilité d'AEMC au titre du Contrat quelle qu'en soit la nature est limitée au prix de l'Action de Formation concernée. En aucun cas, AEMC ne sera responsable d'un quelconque dommage immatériel, consécutif et/ou indirect, tels que, sans que cette liste soit limitative, perte de revenu, perte d'exploitation, perte de profit, au-delà de ces limites et exclusion, le Client renonce à tout recours contre AEMC et ses assureurs. Le Client indemnisera et tiendra quitte AEMC et ses assureurs de tout recours s'il ne parvient pas à obtenir lesdites renonciations.

## 14 - SOUS-TRAITANCE

AEMC s'autorise à faire intervenir tout sous-traitant de son choix que ce soit pour des raisons de reconnaissance, de technicité, de disponibilité ou de lieu d'intervention. Dans ce cas, le client accepte qu'AEMC divulgue les informations nécessaires à l'exécution du contrat à son sous-traitant.

## 15 - CONFIDENTIALITÉ

Pour toutes les interventions effectuées, le personnel d'AEMC et ses sous-traitants sont en vertu des textes, tenus à l'observance rigoureuse du secret professionnel.

La présente clause de confidentialité n'interdit pas à AEMC de citer le Client dans ses listes de référence.

## 16 - DONNÉES À CARACTÈRE PERSONNEL

Les Données à Caractère Personnel (DCP) que l'entreprise ou la personne fournit dans les bons de commandes, dans les conventions, et tout au long de la prestation avec AEMC, agissant en qualité de responsable de traitement, font l'objet de traitements qui permettent : d'assurer l'exécution et la gestion de la formation (suivi du contrat, traitement du dossier de candidature ; conservation des feuilles d'émargement) ; de réaliser l'évaluation sur place ou à distance ; de réaliser un bilan de la formation ; de délivrer un titre, une attestation ou une habilitation ; d'assurer le suivi des renouvellements. Ces différents traitements sont effectués pour répondre aux obligations contractuelles et dans les intérêts légitimes d'AEMC. Les catégories de DCP traitées sont les suivantes : identification ; coordonnées et informations professionnelles et personnelles ; données de connexion ; données relatives à la formation suivie ; données financières liées à la facturation ; données concernant des aptitudes physiques et des compétences techniques. Elles sont conservées pendant la durée légale applicable et/ou nécessaire et sont destinées aux personnels dûment habilités à les exploiter du métier de la formation. Pour exercer vos droits, il suffit de contacter la DPO à l'adresse suivante : <https://sopemea.fr/politique-rgpd>

## 17 - DUPLICATA DES DOCUMENTS ÉMIS APRÈS LA FORMATION

Sur demande écrite du Client, AEMC peut délivrer un duplicata des attestations et avis émis après l'Action de Formation, pendant une période maximale de 3 (trois) ans après celle-ci.

## 18 - NON-SOLLICITATION DU PERSONNEL

Pendant toute la durée de l'action de formation, et pendant une durée de 12 (douze) mois suivant la cessation de celle-ci, qu'elle qu'en soit la cause, le Client s'engage à ne faire aucune offre d'emploi, service, consulting, etc. à l'un des membres du personnel d'AEMC, sauf accord écrit de celui-ci. En cas de non respect de cet engagement par le Client, il versera à AEMC à titre d'indemnité l'équivalent de deux ans du salaire brut du personnel concerné.

## 19 - CONVENTION DE PREUVE

Par dérogation aux articles 1316-1, 1316-2 et 1316-3 du Code civil, l'écrit sous forme de papier constitué par les présentes Conditions Générales sera le seul mode de preuve recevable des droits et/ou des obligations de chacune des parties. Les documents sous forme électronique échangés entre les parties feront preuve, sous réserve que puisse être dûment identifiée la personne dont ils émanent et qu'ils soient établis et conservés dans des conditions raisonnables permettant d'en garantir l'intégrité (cet article ne s'appliquera pas dans le cas où le contractant d'AEMC est une personne physique).

## 20 - PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

Les supports écrits de formation remis au(x) Stagiaire(s) intègrent les méthodes pédagogiques spécifiquement développées par AEMC. Le contenu de ces supports reste la propriété d'AEMC. Le Client et le(s) Stagiaire(s) s'interdisent, pour tout ou partie de ces supports, toute reproduction ou réutilisation à des fins de formation de tiers internes ou externes, sous quelles que modalités que ce soit, sauf autorisation écrite d'AEMC. Toute utilisation de la marque, du nom ou du logo AEMC est interdite sans l'accord écrit, préalable et exprès de celle-ci ; son éventuel refus n'ayant pas à être motivé.

## 21 - JURIDICTION

APRÈS TENTATIVE DE RÈGLEMENT AMIABLE, EN CAS DE LITIGE, COMPÉTENCE EXPRESSE EST ATTRIBUÉE AU TRIBUNAL DE COMMERCE DANS LE RESSORT DUQUEL SE TROUVE LE SIÈGE SOCIAL D'AEMC NONOBTANT PLURALITÉ DE DÉFENDEURS OU APPEL EN GARANTIE, MÊME POUR LES PROCÉDURES D'URGENCE OU POUR LES PROCÉDURES CONSERVATOIRES, EN RÉFÉRÉ OU PAR REQUÊTE (cet article ne s'appliquera pas dans le cas où le contractant d'AEMC est une personne physique).

# INSCRIPTIONS

AEMC

86, rue de la Liberté - 38180 Seyssins

Tél. : +33 (0)4 76 49 76 76 - Contact : [mail@aemc.fr](mailto:mail@aemc.fr)

Bulletin d'inscription téléchargeable sur [www.aemc.fr](http://www.aemc.fr)

