

# Aemc

Sopemea  
apave



**NOUVEAU !  
WEB CLASSES**



# CATALOGUE FORMATION 2021

- COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE
- MÉCANIQUE - CLIMATIQUE
- SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE
- SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT



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 du **groupe SOPEMEA**, filiale spécialisée du groupe APAVE en accompagnement à la qualification et dans les essais en environnement. Les formations de **SOPEMEA** sont aujourd'hui intégrées à ce nouveau catalogue.

**Vous êtes chefs de projets, responsables produits, responsables d'essais, ingénieurs de bureau d'étude, techniciens et souhaitez :**

- Appréhender les difficultés des différents environnements (CEM, Climatique, Vibration, Sécurité électrique, ...),
- Identifier les risques liés à ces environnements,
- Connaître les règles de conception et de mise en œuvre des équipements et systèmes,
- Connaître les référentiels,
- Gérer et conduire un essai, de sa préparation à l'analyse des résultats,
- Anticiper l'ensemble des essais d'environnement que doit subir l'équipement afin d'en tenir compte dans la conception du produit,
- Savoir dialoguer et échanger avec les laboratoires d'essais pour gagner du temps et optimiser les campagnes d'essais.

## AEMC et SOPEMEA vous proposent :

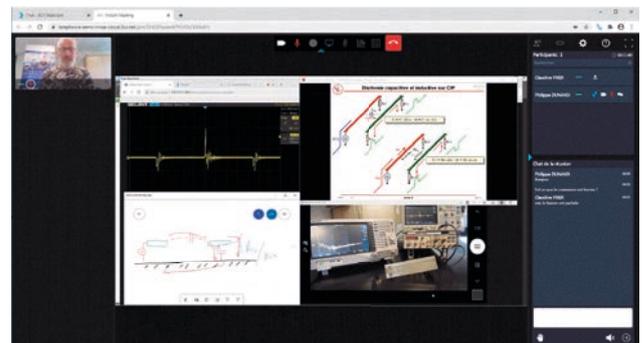
- Des formations par métier pour parler le langage de chacun et répondre de façon optimale aux problèmes concrets de tous les stagiaires,
- Des formations dispensées par des intervenants professionnels expérimentés qui sauront répondre à vos problématiques,
- Un ensemble de modules de formation basés 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.

## AEMC ouvre des Web Classes :

Les formations AEMC adaptent leurs modules en distanciel. Pour conserver un dialogue technique et pédagogique enrichissant, le déroulement de nos Web Classes est identique à celui mis en œuvre en présentiel :



- Forte interaction entre les participants et l'instructeur,
- Pédagogie active pour que l'apprenant reste acteur de son apprentissage,
- Démonstration pratique des phénomènes physiques.



## Formation Inter Entreprises :

**Certains modules sont proposés en présentiel ou distanciel – Voir le calendrier :**

- Pas de déplacement pour l'apprenant,
- Nombre de participants limités à 10 (en distanciel).

## 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.

# ESSAIS, EXPERTISE ET INGÉNIERIE : LAISSEZ VOUS ACCOMPAGNER



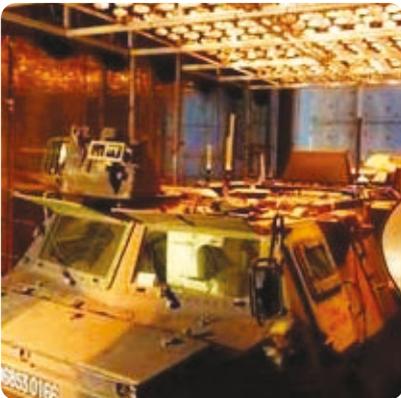
**SOPEMEA**, filiale du Groupe **APAVE**, est spécialisée dans la qualification d'équipements.

Depuis plus de 70 ans, **SOPEMEA** propose à ses clients une gamme complète de services d'accompagnement 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 et des équipements industriels grand public. Les laboratoires français de **SOPEMEA** sont agréés **CIR**, **CII** et accrédités **COFRAC** en France et **UKAS** au Royaume-Uni.

## Une gamme de prestations adaptée pour vous accompagner :

Essais  
climatiques



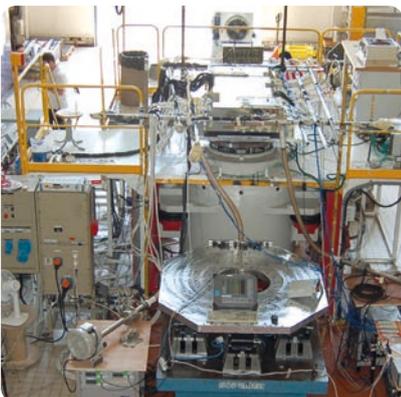
Mesures  
& calculs



Essais CEM  
& électriques



Essais  
mécaniques



Maintenance



Expertise &  
ingénierie



# CALENDRIER DES FORMATIONS AEMC 2021

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

TITRE DES STAGES	Nbre de jours	Web Classe Prix HT	Présentiel Prix HT
<b>GÉNÉRALITÉS</b>			
Initiation pratique à la CEM	1		590 €
Introduction à la CEM	3	1 410 €	1 490 €
Exposition humaine aux champs électromagnétiques	2	1 050 €	1 110 €
<b>AÉRONAUTIQUE</b>			
CEM en Aéronautique	3		1 490 €
<b>CONCEPTION</b>			
Blindage des équipements	2	1 050 €	1 110 €
CEM des automobiles	3		1 490 €
Conception CEM des équipements	4		1 970 €
Perfectionnement CEM : composants et cartes électroniques	3		1 490 €
Perfectionnement CEM : protections et câblage	2		1 110 €
Intégrité du signal	4		1 970 €
Méthodes d'analyse de l'immunité des équipements et systèmes	3		1 490 €
Méthodes d'analyse des émissions parasites des équipements et systèmes	3		1 490 €
Investigation et mise au point CEM	3		1 490 €
Utilisation CEM de SPICE	3		1 490 €
Modélisation CEM des câbles avec SPICE	3		1 490 €
Tracé des cartes électroniques	3	1 410 €	1 490 €
<b>INSTALLATION</b>			
CEM des mesures physiques	3		1 490 €
CEM des systèmes et installations	4		1 970 €
Protection foudre des installations industrielles et tertiaires	2		1 110 €
<b>MESURES CEM</b>			
Mesures CEM civiles	3		1 490 €
Mesures CEM aéronautiques et militaires	3		1 490 €
Difficultés de mesure CEM	3		1 490 €
Contrôles des chaînes de mesures CEM & incertitudes	3		1 490 €
<b>RADIOCOM</b>			
CEM des radiocommunications	4		1 970 €
Intégration de solutions radiofréquences	3		1 490 €
<b>CONVERTISSEURS</b>			
CEM des convertisseurs de faible puissance	2		1 110 €
CEM des convertisseurs de forte puissance	4		1 970 €

# CALENDRIER DES FORMATIONS AEMC 2021

# 5

Mars	Avril	Mai	Juin	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	PAGE
			Toulouse 1			Toulouse 30		8
	Paris du 30/03 au 01/04		Web Classe 8-10			Paris 23-25		9
	Web Classe 7-8			Paris 28-29				10
				Paris 28-30				11
	Web Classe 7-8					Paris 16-17		12
			Paris 15-17					13
			Paris 8-11					14
							Paris 14-16	15
				Paris 15-16				16
							Paris 7-10	17
				Paris 21-23				18
						Paris 23-25		19
					Paris 5-7			20
			Paris du 29/06 au 1/07					21
					Paris 12-14			22
			Web Classe 22-24				Paris 14-16	23
						Paris 3-5		24
			Paris 1-4	Grenoble 21-24		Paris du 30/11 au 3/12		25
						Paris 18-19		26
			Paris 1-3					27
			Paris 22- 24					28
							Paris 7-9	29
					Paris 12-14			30
						Paris 16-19		31
						Grenoble 23-25		32
					Paris 5-6			33
						Paris du 30/11 au 3/12		34

# CALENDRIER DES FORMATIONS SOPEMEA 2021

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

TITRE DES STAGES	Nbre de jours	Web Classe Prix HT	Présentiel Prix HT
<b>GÉNÉRALITÉS : ESSAIS D'ENVIRONNEMENT</b>			
SOP0501 - Encadrez vos essais mécaniques, climatiques et CEM	2		1 500 €
<b>ESSAIS MÉCANIQUES</b>			
SOP0502 - Les fondamentaux en calcul dynamique de structure	2		1 350 €
SOP0503 - Les fondamentaux des essais de vibration	3		1 900 €
SOP0504 - Les fondamentaux des essais climatiques	2		1 350 €
SOP0801 - Les fondamentaux en séisme	2	1 610 €	1 700 €
<b>SÉCURITÉ ÉLECTRIQUE</b>			
SOP1903 - Conception d'appareils électriques - Exigences de sécurité selon normes harmonisées	2		1 350 €
<b>ASTE - ESSAIS MÉCANIQUES</b>			
ASTE0501 - Analyse modale expérimentale et corrélation calculs/essais	3		2 000 €
ASTE0502 - Pilotage des générateurs de vibration	3		2 000 €
<b>NUCLÉAIRE : CODE RCC-E</b>			
ELN001 - Usage du RCC-E 2012	4		2 200 €
ELN010 - Connaissance du RCC-E 2016, focus matériel	2		1 350 €
<b>SÉCURITÉ FONCTIONNELLE</b>			
SOP1901 - Principes fondamentaux de la norme IEC 61508	1		950 €
SOP1902 - Mise en application de la norme IEC 61508	3		1 900 €

## 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 formation 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).

# CALENDRIER DES FORMATIONS SOPEMEA 2021

# 7

Mars	Avril	Mai	Juin	Sept.	Oct.	Nov.	Déc	PAGE
			Vélizy 22-23				Paris 14-15	35
Vélizy 30-31				Vélizy 28-29				36
Vélizy du 30/03 au 1/04					Vélizy 12-14			37
			Vélizy 1-2			Vélizy du 30/11 au 01/12		38
			Vélizy 8-9	Web Classe 21-22		Vélizy 16-17		39
				Vélizy 21-22				40
					Vélizy 5 -7			41
						Vélizy 23-25		42
			Vélizy 15-18					43
Lyon 23-24				Lyon 21-22			Vélizy 7-8	44
					Vélizy 5			45
						Vélizy 16-18		46

# Initiation pratique à la CEM

## Objectifs :

*A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de prendre en compte les principaux effets CEM et les protections correspondantes à intégrer dans la conception des systèmes électroniques. Cette formation pratique est basée sur de nombreuses démonstrations pratiques qui permettent d'expliquer simplement les phénomènes électromagnétiques.*

## Le but de cette formation est de :

- Mettre en évidence les phénomènes CEM les plus courants
- Visualiser les effets des protections potentielles
- Acquérir les bons réflexes CEM
- Pouvoir améliorer les caractéristiques CEM des produits

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de bureau d'étude de conception
- Ingénieur et techniciens chargés de la mise au point des systèmes électronique

### Prérequis

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur
- Niveau de base en mathématique de tout technicien supérieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Démonstrations pratiques
  - Visite de laboratoire
- Evaluation 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 : 1 journée soit 7 h
- Toulouse, le 1<sup>er</sup> juin 2021
- Toulouse, le 30 novembre 2021

### Tarif

**590 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – CEM ET COMPOSANTS

- Comportement « réel » des composants
- Mesure de l'impédance d'inductance
- Mesure de l'impédance de condensateurs

### 2 – COUPLAGES

- Différents modes de couplage
- Démonstration pratique de diaphonie
- Mise en évidence des paramètres influents

### 3 – CÂBLES BLINDÉS

- A quoi sert un blindage ?
- Définition des caractéristiques des câbles blindés
- Mesure de l'impédance de transfert
- Influence du raccordement

### 4 – BLINDAGE

- Principe de blindage
- Influence des ouvertures
- Démonstrations pratiques et mesures
- Ce qu'il faut éviter de faire

### 5 – LES PROTECTIONS Foudre

- Pourquoi une protection foudre
- Les différents types de composants
- Démonstrations des différentes protections et de leurs comportements

### 6 – FILTRAGE

- Identifier le Mode Différentiel et Mode Commun
- Démonstration pratique du rôle des composants du filtre
- Démonstration sur la mise en œuvre d'un condensateur de traversée
- Démonstration sur la mise en œuvre d'une ferrite
- Les pièges à éviter



# Introduction à la CEM

## 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

### Prérequis

- Pas de connaissance en électricité
- Pas de connaissance mathématique

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

- Formation d'adaptation et de développement des compétences dispensée en présentiel 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 30 mars au 1<sup>er</sup> avril 2021
- Web Classe, du 8 au 10 juin 2021
- Paris, du 23 au 25 novembre 2021

### Tarif

**Présentiel : 1 490 € HT**  
**Web Classe : 1 410 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Définitions et vocabulaire de la CEM
- Perturbations conduites, perturbations rayonnées
- Les champs électromagnétiques
- Puissance rayonnée, propagation, réciprocité
- Unités relatives en dB

### 2 – SOURCES INTENTIONNELLES DE PARASITES

- Bandes de fréquence des émetteurs radio usuels
- L'Impulsion Électromagnétique Nucléaire
- Caractéristiques des ondes "Bell" et "CEI"
- Comparaison foudre / I.E.M.N

### 3 – SOURCES NON INTENTIONNELLES DE PARASITES

- Foudre : mécanisme physique
- Caractéristiques électriques, onde normalisée
- Niveaux cérauniques
- Élévation de potentiel du sol : dôme de potentiel
- Protection d'un bâtiment contre la foudre par paratonnerre (modèle Électrogéométrique)
- Décharges électrostatiques
- Sensibilité des composants
- Chaîne antistatique
- Surtensions à l'ouverture des contacts de relais
- Rayonnement des équipements numériques
- Alimentation à découpage
- Installation des variateurs de vitesse
- Bandes de fréquence "I.S.M."
- Limitation des perturbations à la source

### 4 – VICTIMES

- Victimes des champs EM
- Détection d'enveloppe des circuits analogiques
- Effets biologiques des ondes radioélectriques
- Brouillage d'un récepteur radio, intermodulation

### 5 – COUPLAGE EN CONDUCTION

- Isolement galvanique
- Couplage par impédance commune
- Diaphonies capacitive et inductive

### 6 – LIMITATION DES SURTENSIONS

- Les dispositifs de protection
- Les éclateurs et varistances
- Les couplages mixtes
- Parafoudre
- Principe de la protection étagée

### 7 – FILTRAGE DES PERTURBATIONS ET FILTRES

- Filtres antiparasites : rôles et spécifications
- Structure et spécificité des filtres CEM
- Connecteurs filtrants et filtres d'alimentation
- Utilisation des tores de ferrite
- Traitement du signal

### 8 – CÂBLES BLINDÉS : IMPÉDANCE DE TRANSFERT

- Définition de l'impédance de transfert
- Impédance de transfert des câbles et des connecteurs
- Raccordement des blindages des câbles

### 9 – COUPLAGE PAR RAYONNEMENT

- Champ des émetteurs - récepteurs portatifs
- Risques des champs E.M., ordres de grandeur

### 10 – COFFRETS BLINDÉS

- Quand un écran est-il nécessaire ?
- Réflexion / Absorption
- Efficacité de blindage
- Influence des ouvertures
- Continuité électrique

### 11 – INSTALLATION

- Réseaux de Terre et de Masse / Unicité
- Prise de Terre, principe du Tellurohmètre
- Interconnexion des systèmes
- Définition et effets des boucles de masse et entre masses

### 12 – MESURE

- Bande étroite, bande large
- Émission en rayonnement / conduction
- Récepteurs de mesures, analyseur de spectre
- Antennes, facteur d'antenne
- Mesure de champ magnétique / électrique
- Mesure du courant sur les câbles
- Mesure de tension par R.S.I.L

### 13 – DIRECTIVE EUROPÉENNE

- Exigences essentielles de la directive CEM 2014/30/UE
- Organismes compétents et notifiés
- Normes génériques, normes familles de produits, normes produits
- Instances de normalisation en CEM

### 14 - NORMES

- Classification des essais
- Limites et méthodes de mesure CISPR
- Normes d'émission et d'immunité
- Normes CEI / EN 61000-4-2 à 61000-4-11
- Normes militaires françaises et étrangères

# 10 Exposition humaine aux champs électromagnétiques



## 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

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

- Formation d'adaptation et de développement des compétences dispensée en présentiel 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
- Web Classe, du 7 au 8 avril 2021
- Paris, du 28 au 29 septembre 2021

### Tarif

**Présentiel : 1 110 € HT**  
**Web Classe : 1 050 € 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
- Pénétration du champ dans les tissus
- 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

# CEM en Aéronautique

## 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

### Prérequis

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 28 au 30 septembre 2021

### Tarif

1 490 € 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 : Emission 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
- Empilage 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



## 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

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

- Formation d'adaptation et de développement des compétences dispensée en présentiel 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
- Web Classe, du 7 au 8 avril 2021
- Paris, du 16 au 17 novembre 2021

### Tarif

**Présentiel : 1 110 € HT**  
**Web Classe : 1 050 € 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 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

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 15 au 17 juin 2021

### Tarif

1 490 € 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 – SUSCEPTIBILITÉ 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

# 14 Conception CEM des équipements

## Objectifs :

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

## Le but de cette formation est de :

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

## À SAVOIR

### Public

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

### Prérequis

- Niveau technicien en électronique
- Niveau bac en mathématique

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 4 jours soit 28 h
- Paris, du 8 au 11 juin 2021

### Tarif

1 970 € 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.

## 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

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de conception en électronique

### Prérequis

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 14 au 16 décembre 2021

### Tarif

1 490 € HT

## 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 dl/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

# Perfectionnement CEM : protection & câblage

## 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.*

## 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

## À SAVOIR

### Public

- Techniciens et ingénieurs en électronique

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

• Durée : 2 jours soit 14 h  
  
• Paris, du 15 au 16 septembre 2021

### Tarif

**1 110 € HT**

## 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
- Epaisseur 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

## 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

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 4 jours soit 28 h
- Paris, du 7 au 10 décembre 2021

### Tarif

1 970 € 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

# 18 Méthodes d'analyse de l'immunité des équipements et systèmes

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable d'appliquer une méthode pour analyser et chiffrer des situations de susceptibilité aux agressions électromagnétiques multiples, évitant ainsi les approches empiriques à base de recettes.

## Le but de cette formation est de :

- Apprendre à adopter une méthode organisée et progressive
- Être capable d'analyser et de maîtriser les mécanismes de couplages
- Pouvoir chiffrer des perturbations intra et inter - systèmes
- Savoir déterminer avec méthode les différentes solutions et leur optimisation économique
- Être capable d'appréhender les marges obtenues

## À SAVOIR

### Public

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

### Prérequis

- Formation de base en CEM ou expérience de 2 ans
- Niveau Bac en mathématique

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 21 au 23 septembre 2021

### Tarif

1 490 € HT

## PROGRAMME

### 1 – DÉFINITIONS

- Routines de prédictions
- Exemple de profil d'essai
- Approche de durcissement, aspect statistique
- Principales menaces EMI ambiantes
- Interprétation des spécifications CEM
- CEM inter et intra-système
- Matrices de couplages
- Table de conversion en décibels
- Spectre Bande Etroite / Bande Large
- Conversion temps / fréquence, Fréquence équivalente
- Rapport signal / bruit
- Susceptibilité des circuits Analogiques, Détection d'enveloppe
- Marge de bruit des familles logiques
- Courant de transition et découplage
- Comportement hors-bande des logiques
- Structure des tests type MIL-STD-461
- Limites en conduction et en rayonnement
- Normes CEI / EN 61000-4-2, 4-3 et 4-4

### 2 – PRÉDICTION COUPLAGE PAR IMPÉDANCE COMMUNE

- Couplage par impédance commune
- Impédance des conducteurs et des pistes
- Impédance d'un plan et d'un plan perforé
- Calcul du bruit d'alimentation

### 3 – COUPLAGE PAR CHAMP REÇU

- Distinction Champ-Boucle / Champ-Fil
- Coefficient de couplage champ – boucle
- Exercice : couplage champ-boucle MD
- Torsadage des conducteurs
- Coefficient champ à fil
- Réduction du champ par plan de masse
- Câbles blindés et coaxiaux
- Impédance de transfert, calcul de U induit
- Relation entre Zt et efficacité d'écran
- Impédance de transfert des connecteurs
- Conversion MC - MD en filaire, coax, paire blindée
- Capacité parasite carte à masse
- Exercice récapitulatif
- Tableau calcul de susceptibilité

### 4 – DIAPHONIE

- Diaphonie fil-à-fil, capacitive et magnétique
- Diaphonie entre câbles : routine de calcul
- Diaphonie en fonction de la hauteur
- Exercice de diaphonie capacitive et magnétique
- Diaphonie des câbles plats
- Capacité linéique piste à piste
- Exercice : Diaphonie sur circuit imprimé
- Diaphonie dans les connecteurs "Sub-D"
- Exercice de bilan système

### 5 – BLINDAGES

- Champ proche / champ lointain
- Impédance intrinsèque, Effet de peau
- Choix du matériau de blindage
- Pertes par réflexion et par absorption
- Efficacité de blindage de plastiques chargés
- Atténuation d'une ouverture, d'un treillis
- Atténuation d'une ouverture guide
- Efficacité de blindage des joints EMI
- Exercice blindage : Etude coffret
- Bilan blindage

### 6 – COUPLAGE PAR LE SECTEUR

- Vue générale d'un parasitage secteur
- Impédance d'alimentation
- Réseau Stabilisateur d'impédance de ligne
- Impédance des condensateurs
- Choix des filtres: C, LC, «Pi», «T»
- Justification et choix des écrêteurs

# Méthodes d'analyse des émissions parasites des équipements et systèmes

## Objectifs :

Les émissions parasites sont un souci récurrent, souvent décelé tardivement lors d'essais de qualification. Au sortir de cette formation, le stagiaire saura appliquer une méthode d'analyse et de chiffrage de situations CEM complexes en émission, évitant les approches empiriques à base de recettes.

## Le but de cette formation est de :

- Apprendre à adopter une méthode organisée et progressive
- Être capable d'analyser et de maîtriser les mécanismes de couplages
- Pouvoir calculer des perturbations intra et inter - systèmes
- Savoir déterminer avec méthode les différentes solutions et leur optimisation économique
- Être capable d'appréhender les marges obtenues

## À SAVOIR

### Public

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

### Prérequis

- Formation de base en CEM ou expérience de 2 ans
- Niveau Bac en mathématique

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 23 au 25 novembre 2021

### Tarif

1 490 € HT

## PROGRAMME

### 1 - DÉFINITIONS

- Routines de prédictions
- Réciprocités Susceptibilité/Emissions
- Exemple de profil d'essai
- Approche de durcissement
- Principales contraintes de « discrétion RF »
- Interprétation des spécifications CEM
- CEM inter et intra-système
- Matrices de couplages
- Table de conversion en décibels
- Spectre Bande Etroite / Bande Large
- Conversion temps – fréquence
- Rapport signal / bruit
- Emissivité des familles logiques
- Forme d'onde et fréquence équivalente
- Courant de transition et découplage
- Structure des tests type MIL-STD-461
- Limites d'Emissions en conduction et rayonnement
- Normes CEI / EN 55011, 55022, DO-160 et véhicules

### 2 - PRÉDICTION COUPLAGE PAR IMPÉDANCE COMMUNE

- Importance du Mode Commun en émissivité
- Emissions dues aux impédances communes
- Impédance des conducteurs et des pistes
- Impédance d'un plan et d'un plan perforé
- Calcul du bruit d'alimentation

### 3 - ÉMISSIONS RAYONNÉES DES CONDUCTEURS EN M.DIFF

- Spectre: Méthode simplifiée des asymptotes
- Exercice : construction d'un spectre
- Distinction Boucle rayonnante / Fil Rayonnant
- Champ rayonné par une boucle
- Exercice : rayonnement d'une horloge sur C.Imprimé
- Réduction du rayonnement par plan de masse
- Réduction des surfaces de boucles
- Réduction du rayonnement M.D
- Exercice récapitulatif

### 4 - ÉMISSIONS RAYONNÉES DES CONDUCTEURS EN M.COMMUN

- Coefficient de couplage fil Champ E
- Origines du courant de mode commun
- Exercice : rayonnement en M.C d'une horloge
- Réduction du rayonnement par plan de masse
- Câbles blindés et coaxiaux
- Impédance de transfert vue en émission
- Calcul de l'effet réducteur d'un câble blindé
- Relation entre Zt et efficacité d'écran
- Impédance de transfert des connecteurs
- Conversion MDiff -> MComm en coax et paire blindée
- Capacité parasite carte à masse
- Exercice récapitulatif v-à-vis d'une norme civile/ Mil sévère
- Tableau de prédiction

### 5 - DIAPHONIE

- Contribution de la diaphonie en émissions parasites
- Couplage fil à fil magnétique et capacitif
- Diaphonie entre câbles : routine de calcul
- Diaphonie en fonction de la hauteur
- Exercice de diaphonie capacitive et magnétique
- Diaphonie des câbles plats
- Capacité linéique piste à piste
- Exercice : Diaphonie sur circuit imprimé
- Diaphonie dans les connecteurs "Sub-D"
- Exercice de bilan système

### 6 - BLINDAGES

- Champ proche / champ lointain
- Impédance intrinsèque / Effet de peau
- Choix du matériau de blindage
- Pertes par réflexion et par absorption
- Efficacité de blindage de plastiques chargés
- Atténuation d'une ouverture, d'un treillis
- Efficacité d'une ouverture guide
- Efficacité de blindage des joints EMI
- Résonances internes des coffrets
- Exercice : Etude coffret pour un budget en dB
- Bilan blindage

### 7 - COUPLAGE PAR LE SECTEUR

- Vue générale d'un parasitage secteur
- Impédance d'alimentation
- Réseau stabilisateur d'impédance de ligne (RSIL)
- Transfert équipement vers secteur
- Calcul du mode commun d'une alimentation
- Exercice : parasitage MC, alim. à découpage
- Calcul du mode différentiel d'une alimentation

### 8 - COUPLAGE CONDUIT VIA LES E/S SIGNAUX

- Impédance des condensateurs
- Parasitage des E/S par circuits numériques
- Mérites et limitations des liaisons différentielles
- Choix des filtres: C, LC, «Pi», «T»
- Niveaux parasites E/S admissibles selon la norme visée
- Optimisation des solutions Emissions // Immunité
- Utilisation des manchons de ferrite
- Rayonnement des câbles ; exemple
- Alerte avant la mesure de rayonnement
- Formulaire conduction et rayonnement.
- Table de conversion

# 20 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.*

## 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'investigations selon les problématiques rencontrées
- Maîtriser les solutions CEM et leurs mises en œuvre
- Pouvoir mettre en œuvre ses propres outils de diagnostic

## À SAVOIR

### Public

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

### Prérequis

- Connaissances de base des lois physiques

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 5 au 7 octobre 2021

### Tarif

**1 490 € HT**

## 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
- Evaluation 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

## Objectifs :

À 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 et leurs limitations
- Être capable de comprendre et modéliser les couplages CEM et les effets non-linéaires
- Appréhender la technique de modélisation de capteurs, coupleurs, générateurs CEM, filtres, varistances, TVS, ...

## À SAVOIR

### Public

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

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations informatiques
- 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 29 juin au 1<sup>er</sup> juillet 2021

### Tarif

1 490 € HT

## PROGRAMME

### 1 – CEM : RAPPELS

- Caractérisation CEM des équipements
- Analyse CEM & Spice
- Le paradigme GIGO

### 2 – LT SPICE : PRINCIPES

- Création de composants
- Paramétrage : pas de calcul, convergence
- Problèmes en temporel et AC Sweep
- LTSpice : fichier Netlist et Error Log

### 3 – MODÉLISATION DES COMPOSANTS PASSIFS

- Résistance, condensateur, self...
- Filtre à structure en échelle
- Extraction des valeurs des modèles
- Inductance de MC, Quartz, Tore de Rogowski
- Inducteur : Modèle CHAN
- Modélisation d'un transfo secteur monophasé
- Varistance, Transzorb, éclateur à gaz
- Puissance instantanée et énergie déposée
- Simulation d'une ligne avec ou sans perte
- ZC de ligne de transmission SPICE en MC

### 4 – FFT

- Principes d'une FFT
- Ondulation (« ripple ») d'une FFT
- Spectre FFT d'une impulsion
- Fuite spectrale et au repliement de spectre
- Fenêtrage Flat Top, de Hann (« Hanning »)
- Effet de clôture à piquets (« Picket fence effect »)
- Bandes passantes des filtres FFT
- Recouvrement des fenêtres temporelles
- Correction de bande étroite à bande large
- Impulsions asymétriques
- Calcul automatique de THD
- Paramètres S et abaques de Smith
- Création de gabarits normalisés
- Détecteur quasi-crête, rms ou val. moyenne

### 5 – MODÉLISATION DES COMPOSANTS ACTIFS

- Recouvrement des diodes, ORR
- Ampli OP : Slew Rate, PSRR, CMRR...
- Détection d'enveloppe
- Structure des filtres actifs
- Tensions de déchet
- Simulation d'ampli à transconductance
- Sortie HCMOS sur ligne
- Modèle IBIS et LTSpice

### 6 – DIAPHONIE

- Diaphonie capacitive et inductive sur CIP
- Extraction d'un modèle de connecteur

### 7 – EMISSION CONDUITE

- Conseils pour simulation en émission conduite
- Schéma et modélisation RSIL
- Impédance de filtrage en MC et MD
- Perte d'insertion de filtre en MD et MC
- Méthode des asymptotes en conversion d'énergie
- Couplage par rayonnement d'un filtre
- Ondulation MD en sortie de convertisseur
- Modèles de simulation de M. Christophe Basso
- Etalement de spectre (triangulaire, cuspidé)

### 8 – IMMUNITÉ CONDUITE

- Immunité BF d'alim CS101 / NCS01
- Générateur WF4 + WF5, MIL-STD-461G / DO-160
- Générateur 61000-4-5 en MD
- Pinces d'injection BCI
- Définition des paramètres S par QUCS
- Redresseur hexaphasé, dodécaphasé à transfo
- Modèle d'un câble triphasé et de son PE

### 9 – IMMUNITÉ RAYONNÉE

- U et I courants induits par couplage champ à boucle
- Couplage champ à câble

# Modélisation CEM des câbles avec SPICE

## 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
- Être capable de comprendre et modéliser les câbles blindés, leurs impédances de transfert
- Être capable de comprendre et modéliser les paires différentielles, leurs dissymétries en longueur ou impédance

## À SAVOIR

### Public

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

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations informatiques
- 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 12 au 14 octobre 2021

### Tarif

**1 490 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – CEM : RAPPELS

- Caractérisation CEM des équipements
- Analyse CEM & Spice
- Le paradigme GIGO

### 2 – LT SPICE : PRINCIPES

- Création de composants
- Paramétrage : pas de calcul, convergence
- Problèmes en temporel et AC Sweep
- LTSpice : fichier Netlist et Error Log

### 3 – MODÉLISATION DES COMPOSANTS PASSIFS

- Simulation d'une ligne avec ou sans perte
- ZC de ligne de transmission SPICE en MC

### 4 – INTÉGRITÉ DU SIGNAL

- Liaison triaxiale avec écran piloté
- Valeurs pour simuler un fil en HF dans l'air
- Définition des impédances caractéristiques
- Effet de stub d'un via
- Diagramme de l'œil et peaking

### 5 – DIAPHONIE

- Simulation de ligne pour la diaphonie
- Diaphonie entre lignes naturelles, microstrip
- Désadaptations et temps de transition

### 6 – LIGNES SPICE

- Inductance et capacitance linéiques
- Particularités des lignes de transmission
- Impédance d'un fil à haute fréquence
- FEM et courant d'une antenne fouet

### 7 – SIMULATION DE LIGNE COAXIALE

- Zt d'écran simple et double tresse
- Effet réducteur d'un câble coaxial MC + MD
- Effet d'une queue-de-cochon
- Réjection du MC par un double tresse

### 8 – BALUN ET DISSYMMÉTRIE

- Modélisation d'un balun 50 Ω vers 100 Ω
- Dissymétrie d'un câble STP / UTP
- Dissymétrie d'impédance / différence de longueur
- Réjection de MC d'une paire

### 9 – ÉMISSION RAYONNÉE

- Courant de MC sur coaxial induit par signal de MD
- Efficacité d'un tore de ferrite sur câble coaxial
- Réduction de l'émission par embrouilleur
- Simulation MC & MD de paire différentielle
- Paire dissymétrique = émission rayonnée

### 10 – IMMUNITÉ RAYONNÉE

- U et I courants induits par couplage champ à boucle
- Couplage champ à câble
- Réjection par paire
- Effet d'une IEMN HA sur un fil
- I induit maximal par une IEMN HA



# Tracé des cartes électroniques

## Objectifs :

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de prendre en compte l'ensemble des paramètres clefs 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

### Prérequis

- Connaissances de base en électricité

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

- Formation d'adaptation et de développement des compétences dispensée en présentiel 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
- Web Classe, du 22 au 24 juin 2021
- Paris, du 14 au 16 décembre 2021

### Tarif

**Présentiel : 1 490 € HT**  
**Web Classe : 1 410 € 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 isollements 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

# 24 CEM des mesures physiques

## 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

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 3 au 5 novembre 2021

### Tarif

1 490 € 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 îlots
- 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 sinusoïdal 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 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

### Prérequis

- Connaissance de base en électricité
- Pas de connaissance mathématique

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 4 jours soit 28 h

- Paris, du 1<sup>er</sup> au 4 juin 2021
- Grenoble, du 21 au 24 septembre 2021
- Paris, du 30 novembre au 3 décembre 2021

### Tarif

1 970 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- CEM d'un système industriel
- Définitions / unités
- Evolutions 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
- Isollements 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

# 26 Protection foudre des installations industrielles et tertiaires

## 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

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 2 jours soit 14 h
- Paris, du 18 au 19 novembre 2021

### Tarif

1 110 € 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 transzorb
- 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 :

*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.*

## 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

## À SAVOIR

### Public

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

### Prérequis

- Connaissances de base des lois physiques

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- 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 1<sup>er</sup> au 3 juin 2021

### Tarif

1 490 € HT

## 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 – EMISSION CONDUITE

- Classification des matériels selon CISPR
- RSIL
- Mesures au RSIL
- Main artificielle
- Sonde de tension
- Pincés 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 – EMISSION RAYONNÉE

- Définition des champs EM
- Emission 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 oeuvre
- 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 oeuvre
- 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

# Mesures CEM aéronautiques & militaires

## 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.

## 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

## À SAVOIR

### Public

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

### Prérequis

- Connaissances de base des lois physiques

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- 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 22 au 24 juin 2021

### Tarif

1 490 € HT

## 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
- Ecart 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 – EVOLUTION NORMATIVE

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

### 10 – CONCLUSION

- Résumé des mesures CEM
- Abréviations en CEM
- Bibliographie

# Mesures CEM avancées : difficultés de mesure

## 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.*

## 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

## 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

### Prérequis

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 7 au 9 décembre 2021

### Tarif

1 490 € HT

## 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 bande E / H
- 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 Vein
- 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 pinces 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 / efficace 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

# 30 Contrôles des chaînes de mesures CEM & incertitudes

## 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.

## 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

## 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.

### Prérequis

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Paris, du 12 au 14 octobre 2021

### Tarif

1 490 € HT

## 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 directifs
- 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 PI2 et PI3
- 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 rayonnée
- 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 Ltspace : 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 directifs
- 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 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 :

- 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...

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens de conception ou de maintenance en radiocommunication
- Ingénieurs et techniciens d'installation de systèmes ou de mesures radio sur site
- Personnel de planification ou de maintenance de sites ou services radioélectriques

### Prérequis

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur
- Niveau de base en mathématique de tout technicien supérieur
- Une connaissance du vocabulaire radioélectrique est souhaitable

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 4 jours soit 28 h
- Paris, du 16 au 19 novembre 2021

### Tarif

1 970 € HT

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Aspects de CEM impliquant la radio
- Spectre et liaisons radioélectriques
- Modulations AM, FM, M ou OFDM
- Principales modulations numériques
- Codage et multiplex FDMA, TDMA, CDMA
- Rappels sur les décibels et conversions
- Perturbations bande étroite/bande large

### 2 – BASES DE L'ÉLECTROMAGNÉTISME

- Qu'est-ce qu'un champ et une onde ?
- Impédance des champs selon la distance
- Réciprocité d'une liaison radioélectrique
- Antenne isotrope de référence
- Directivité, gain, facteur d'antenne
- Aire équivalente / plan d'onde
- Diagramme de rayonnement
- Zones de Fresnel et de Fraunhofer
- Impédance et facteur de réflexion
- Équations et formules de conversion

### 3 – NOTION DE PROPAGATION

- Propagation théorique en espace libre
- Modèles de propagation / Okumura Hata
- Effets de l'atmosphère / ionosphère
- Onde de sol / effets des précipitations
- Réception radio en déplacement
- Réflexions locales et fading
- Distribution de Nakagami et Rice
- Radio Mobile – Planification de réseau
- Niveau reçu par les mobiles

### 4 – BRUITS

- Facteur de bruit en réception
- Principales sources de parasites
- Capacité du canal selon le SNR radio
- Fréquences ISM / Bandes de plein droit
- Distribution de probabilité d'amplitude
- Taux d'erreurs binaires (BER / BEP)
- Valeur moyenne de bruit reçu
- Puissance d'émission nécessaire
- Calcul du champ minimal protégeable

### 5 – OUTILS ET DIFFICULTÉS DE MESURES

- Représentation d'un signal
- Principe d'un analyseur de spectre
- Filtre FI (RBW) et facteur de forme
- Confusion entre les RBW
- Lissage (« smoothing ») sur site
- Détecteurs CISPR
- Choix du mode de détection pour analyse
- Choix des RBW et VBW en radio
- Valeurs crête et moyenne
- Analyse spectrale temps réel par FFT
- Points d'interception PI2 et PI3
- Mesure pratique d'IP2 et IP3
- Bruit d'une chaîne de réception
- Bruit de phase

- Pertes des câbles coaxiaux
- Impédance de transfert des câbles
- Choix d'un connecteur coaxial
- Erreur due au ROS / « Return Loss »
- Incertitudes des mesures en radio
- Exemples d'analyses de spectres
- Démodulation en « Span Zero »

### 6 – ÉMETTEURS – RÉCEPTEURS

- Principe d'un émetteur et modulateur
- Boucle à verrouillage de phase (PLL)
- Rayonnements non essentiels (RNE)
- Spectre d'un émetteur radio
- Facteur de conversion d'un émetteur
- Principe d'un récepteur radio
- Sélectivité / rapports de protection
- SINAD et BER avec codage
- Mesure du blocage (« blocking »)
- Principaux services radio
- Rapport de protection / blindage
- Ordres de grandeur d'atténuations

### 7 - ANALYSE DES BROUILLAGES

- Les 5 types de brouillages radio
- Paramètres de partage entre services
- Compatibilité radio à l'émission
- Brouillage co-canal ou canal adjacent
- Blocage du récepteur
- Intermodulation en réception
- Intermodulation à l'émission
- Intermodulation par structures / aériens
- Intermodulation passive (PIM)
- Calcul de compatibilité entre services

### 8 - MAÎTRISE DES SITES

- Optimisation du système d'émission
- Techniques de multiplexage
- Coupleurs directs et hybrides
- Duplexeurs, filtres à cavités
- Multiplexeur à point commun
- Circulateur, isolateur et réglages
- Découplage entre antennes
- Maîtrise pratique des sites

### 9 – PROTECTION Foudre

- Élévation de potentiel du sol
- Rayonnement d'un choc de foudre
- Pénétration et protection des feeders
- Dispositifs de protection radio
- Montage des parafoudres télécom

### 10 - NORMALISATION ET RÉGLEMENTATION

- Normes et documents de l'ETSI
- Directive RED 2014/53/UE
- Exigences essentielles et marquage
- Évaluation / déclaration de conformité
- Hiérarchie des normes européennes
- Mesures normalisées en radio
- Acronymes et bibliographie en radio

# Intégration de solutions radiofréquences

## 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.

## 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

## À SAVOIR

### Public

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

### Prérequis

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

### Méthodes pédagogiques

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

### Modalités pédagogiques

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

### Intervenant

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

### Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Grenoble, du 23 au 25 novembre 2021

### Tarif

1 490 € HT

## 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 Abaque 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, Filtrage 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

# CEM des convertisseurs de faible puissance

## Objectifs :

*A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de maîtriser les points CEM critiques lors de la conception et la mise au point d'un convertisseur.*

## Le but de cette formation est de :

- Comprendre comment les perturbations conduites et rayonnées sont émises par les convertisseurs
- Comprendre, concevoir et optimiser les différentes topologies de filtrage
- Identifier et faire les meilleurs choix de topologies et de composants
- Diagnostiquer les limites et «défauts» des composants critiques
- Appliquer des astuces de conception visant à réduire les problèmes en CEM

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens concepteurs en électronique

### Prérequis

- Bac +2 en électronique ou électrotechnique

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations pratiques ou retours d'expérience
- 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 5 au 6 octobre 2021

### Tarif

**1 110 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – INTRODUCTION

- Caractérisation CEM des équipements
- Directive européenne CEM - Normes harmonisées
- Mode Commun / Mode Différentiel
- Pourquoi les décibels ?
- Buck
- Boost
- Flyback
- PFC
- Les 5 perturbations d'un convertisseur
- Enveloppe spectrale d'impulsions répétitives
- Densité spectrale d'une impulsion

### 2 – STRUCTURE

- Positionnement dans le plan U. I
- Comparaison conduction continue / discontinue
- Mode discontinu et mode critique (de transition)
- Attention à la topologie des hacheurs
- Réponse en fréquence d'un passe-bas d'ordre 2
- Impédance d'une piste
- Impédance d'un plan
- Réduction de l'inductance d'un conducteur
- Choix de la structure d'un filtre
- La meilleure structure est celle qui désadapte le plus

### 3 – PERTURBATIONS CONDUITES EN MODE COMMUN

- Harmonique
- Réseau de Stabilisation d'Impédance de Ligne
- Séparateur monophasé MC - MD
- Mesure des perturbations conduites
- Limites en conceptions de normes européennes
- Perturbations conduites en mode commun
- Calcul d'une perturbation en mode commun
- Réduction de capacité transistor à radiateur
- Mode commun d'une alimentation à découpage
- Mode commun d'entrée à sortie
- Les 3 cas de mode commun entrée à sortie
- Mesure du courant entrée à sortie
- Écrans internes aux transformateurs
- Écran bobiné anti - M.C. primaire à secondaire
- Faut-il faire flotter les sorties ?
- Spectre en Mode Commun avant filtrage
- Filtrage du mode commun
- Sels de mode commun
- Proposition pour mesurer un filtre en MC
- Résonance d'un filtre de M.C.
- Self minimale de mode commun
- Le champ magnétique génère l'induction
- Saturation d'un tore magnétique
- Séparateur monophasé MC - MD
- Analyse de relevé d'émission conduite en MC

### 4 – PERTURBATION DE MODE DIFFÉRENTIEL

- Perturbation conduite en mode différentiel
- Recouvrement des diodes
- Impédance d'un condensateur chimique
- Calcul d'une perturbation en mode différentiel
- Impédance des condensateurs non polarisés
- Spectre en Mode Différentiel avant filtrage
- Filtrage du mode différentiel
- Montage de mesure d'un filtre en MD
- Résonance de la perte d'insertion en MD
- Capacité minimale en mode différentiel
- Amortissement de la résonance d'un L - C
- Filtrage en M.D. sur le bus continu
- Différences entre RSIL 5 µH et 50 µH
- Réduction du bruit par opposition de phase
- Analyse de relevé d'émission conduite en MD
- Superposition des structures de M.C. et M.D.
- Amortissement de la résonance d'un L - C
- Comparaison du filtrage DC-DC / AC-DC

### 5 – ÉMISSION RAYONNÉE

- Propagation des champs électromagnétiques
- Champ proche / champ lointain
- Rayonnement d'une petite boucle
- Rayonnement d'un petit fouet ou de dipôle court
- Perturbations rayonnées par un convertisseur
- Sources des problèmes en émission rayonnée
- Rôle et calcul des « snubbers »
- Mise au point pratique d'un « damper » (R - C)
- Rayonnement du câble d'alimentation
- Réalisation d'une pince courant HF sensible
- Évaluation de l'émission rayonnée en VHF
- Méthode de réduction de l'émission rayonnée

### 6 – IMMUNITÉ

- Surtension à la mise sous tension
- Suppression de la surtension à l'enclenchement
- Protection contre l'inversion de tension continue
- Immunité aux variations et creux de tension
- Instabilité d'un convertisseur DC - DC
- Deux normes d'immunité aux surtensions
- Limiteurs de surtensions
- Dimensionnement d'une varistance
- Protection des surtensions par varistance
- Où installer une varistance en M.D. ?
- Dimensionnement d'un Transzorb
- Immunité aux surtensions de longue durée
- Les 3 méthodes de protection en MC HF
- Câbles blindés et coaxiaux
- Terminaison des blindages
- Raccordement des connecteurs blindés

### 7 – CONCLUSION

- La « Bible » de la simulation pratique
- Bibliographie CEM française
- Bibliographie CEM en langue anglaise

## Objectifs :

*A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de maîtriser les points CEM critiques lors de la conception et la mise au point d'un convertisseur.*

## Le but de cette formation est de :

- Comprendre comment les perturbations conduites et rayonnées sont émises par les convertisseurs
- Comprendre, concevoir et optimiser les différentes topologies de filtrage
- Identifier et faire les meilleurs choix de topologies et de composants
- Diagnostiquer les limites et «défauts» des composants critiques
- Appliquer des astuces de conception visant à réduire les problèmes en CEM

## À SAVOIR

### Public

- Ingénieurs et techniciens concepteurs en électronique

### Prérequis

- Bac +2 en électronique ou électrotechnique

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exercices pratiques
  - Démonstrations pratiques ou retours d'expérience
- 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 30 novembre au 3 décembre 2021

### Tarif

**1 970 € 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), pince de courant
- Limites civiles, militaires et DO-160
- Spécificités en aéronautique
- Les 5 types de perturbations
- Charte de réactance BF
- Le plan U.I.

### 2 – IMMUNITÉ DES CONVERTISSEURS

- PSurtension à l'enclenchement
- Protection en entrée
- Normes d'immunité aux surtensions
- Varistances et leur mise en œuvre
- Protection d'un PFC ou d'un boost
- Modélisation d'une onde de choc
- Risques liés aux optocoupleurs
- 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 de snubber / damper
- Pertes de commutation et SOA
- 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
- Conception d'un écran bobiné
- Alimentation sans inductance de MC
- Séparateur monophasé MC / MD
- Spectre émis avant filtrage
- Perte d'insertion en MC
- Choix de filtre simple / double cellule
- MC d'un pont en H / conversion de mode
- Saturation d'une inductance de MC
- Méthodes de mesure et d'analyse
- Clés de la CEM d'un gros convertisseur
- Pièges des filtres d'alim en MC
- Câblage et optimisation en MC

### 5 – PERTURBATIONS DE MODE DIFFÉRENTIEL

- Impédance d'un condensateur
- Calcul d'une perturbation en MD
- Impédance d'inductance / condensateur
- Câblage et erreurs d'un filtre de CEM
- Spectre en MD avant filtrage
- Perte d'insertion et résonance en MD
- Choix de simple / double cellule
- Amortissement d'un L-C en MD
- Filtrage d'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
- Analyse d'un spectre mesuré
- 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 du bruit à la source
- Drivers d'IGBT ou super-jonctions
- Pièges en émission rayonnée
- Réalisation d'une pince sensible
- Évaluation de l'émission rayonnée
- Analyse et réduction de l'émission

### 7 – COMPOSANTS ET STRUCTURES

- Effet de peau d'un fil en alternatif
- Champ et induction magnétiques
- Perméabilités magnétiques  $\mu'$  et  $\mu''$
- Épaisseur de peau dans le ferrite
- Mesure des perméabilités  $\mu'$  et  $\mu''$
- Ferrites à fort  $\mu_r$  et nanocristallin
- Saturation d'un tore magnétique
- Capacité selon méthode de bobinage
- Inductance à flux compensé (PFC)
- Haute tension / Courbe de Paschen
- Rôles d'un entrefer et  $\mu$  apparent
- Mesure d'inductance selon le courant
- Matériaux à entrefers répartis
- Matériau amorphe / « mag amp »
- Mesures scalaires d'un transfo
- Champ magnétique dans un transfo
- Inductance de fuite / entrelacement
- 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

# SOP0501 - Encadrez vos essais mécaniques, climatiques et CEM

## 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

### Prérequis

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- 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
- Maxi : 10 personnes
- Vélizy, du 22 au 23 juin 2021
- Vélizy, du 14 au 15 décembre 2021

### Tarif

**1 500 € 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

### Prérequis

- Avoir déjà réalisé des calculs en mécanique
- Niveau Ingénieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- 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
- Maxi : 8 personnes
- Vélizy, du 30 au 31 mars 2021
- Vélizy, du 28 au 29 septembre 2021

### Tarif

**1 350 € 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.*

- 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

### Prérequis

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- 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
- Maxi : 8 personnes
- Vélizy, du 30 mars au 1<sup>er</sup> avril 2021
- Vélizy, du 12 au 14 octobre 2021

### Tarif

**1 900 € 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

### Prérequis

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- 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
- Maxi : 8 personnes
- Vélizy, du 1<sup>er</sup> au 2 juin 2021
- Vélizy, du 30 novembre au 1<sup>er</sup> décembre 2021

### Tarif

**1 350 € 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



## 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

### Prérequis

- Niveau de base en physique de tout technicien supérieur

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- 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
- Maxi : 8 personnes

Vélizy, du 8 au 9 juin 2021

Web Classe, du 21 au 22 septembre 2021

Vélizy, du 16 au 17 novembre 2021

### Tarif

**Présentiel : 1 700 € HT**  
**Web Classe : 1 610 € 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

# SOP1903 - Conception d'appareils électriques

## Exigences de sécurité selon normes harmonisées

### Objectifs :

*Avoir une connaissance des principes généraux de sécurité de la norme demandée, des exigences techniques et des essais appelés par la norme.*

### Le but de cette formation est de :

- Appréhender les aspects normatifs, les exigences principales
- Comprendre les principales définitions données dans la norme
- Comprendre le risque électrique, les notions d'isolation
- Comprendre comment analyser la construction du produit
- Appréhender les risques autres qu'électriques

### À SAVOIR

#### Public

- Concepteurs d'appareils électriques
- Techniciens/ingénieurs certification de produits

#### Prérequis

- Connaissances électriques de base (tension, courant, puissance, composants, notions d'isolation), habilitation électrique type BE
- Expérience de la conception de produits électriques

#### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- 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
- Maxi : 10 personnes
- Vélizy, du 21 au 22 septembre 2021

#### Tarif

**1 350 € HT**

### PROGRAMME

- La norme, son domaine d'application
- Les principales définitions; notions d'isolation, de puissance de court-circuit, de séparation
- Les exigences essentielles
- La protection contre les risques liés à l'électricité
- Autres risques
- Les essais appelés par la norme, et moyens à mettre en œuvre
- Questions/réponses

# ASTE0501 - Analyse modale expérimentale et corrélation calculs / essais

41

## Objectifs :

*Comprendre les bases théoriques de l'analyse modale expérimentale - Savoir réaliser une analyse modale de structure - Pouvoir échanger les résultats expérimentaux avec le calcul - Comprendre le recalage d'un modèle à partir des résultats de l'analyse modale.*

## Le but de cette formation est de :

- Connaître les différentes méthodes théoriques de l'analyse modale
- Savoir choisir l'instrumentation adaptée - Comprendre les différents types d'excitations
- Extraire les modes expérimentaux à partir des fonctions de lissage
- Valider les résultats d'essai
- Comprendre le recalage modal et l'appliquer sur une maquette

## À SAVOIR

### Public

- Techniciens et ingénieurs d'essais
- Responsables ou ingénieurs de Bureaux d'Etudes

### Prérequis

- Avoir des connaissances de base sur la mécanique vibratoire

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - De nombreux travaux pratiques illustreront la partie théorique
    - Le recalage sera réalisé à partir d'une maquette d'avion
- 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 5 au 7 octobre 2021

### Tarif

**2 000 € HT**

## PROGRAMME

### 1 - CONNAÎTRE LES DIFFÉRENTES MÉTHODES D'ANALYSE MODALE

- Comprendre les objectifs, les différentes méthodes de l'analyse modale et leurs limites
- Connaître les types d'excitations (marteau de choc, sinus, aléatoires) et les traitements de base associés
- Revisiter l'ensemble des algorithmes d'extraction des modes

### 2 - UTILISER L'ANALYSE MODALE EXPÉRIMENTALE

- Comprendre l'instrumentation de la structure
- Savoir réaliser les traitements spectres de puissance et fonction de réponse en fréquence
- Réaliser l'analyse modale expérimentale : repérage visuel d'un mode, lissage, contrôles et interprétation des résultats, Comparer sur une structure les différents types d'excitation

### 3 - CORRÉLER LE MODÈLE EXPÉRIMENTAL ET THÉORIQUE

- Comparer l'analyse modale expérimentale et le calcul
- Connaître les principes de recalage des modes
- Appliquer le recalage à une maquette d'avion

# ASTE0502 - Pilotage des générateurs de vibration

## Objectifs :

*Améliorer les connaissances des systèmes numériques de pilotage - Maîtriser l'ensemble des paramètres de pilotage pour réaliser un essai de vibration.*

## Le but de cette formation est de :

- Connaître les éléments d'un système de pilotage
- Comprendre les principes des modes de pilotage sinus, aléatoire, choc, SRC.
- Utiliser les différentes stratégies de pilotage
- Comprendre l'influence des différents paramètres
- Faire un essai de vibration répondant à un programme d'essai en toute sécurité

## À SAVOIR

### Public

- Techniciens de laboratoire d'essais
- Ingénieurs et techniciens demandeurs d'essais de vibration

### Prérequis

- Avoir des connaissances de base sur la mécanique vibratoire

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - De nombreux travaux pratiques sur un système de pilotage de notre laboratoire illustreront la partie théorique
- 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 23 au 25 novembre 2021

### Tarif

**2 000 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – COMPRENDRE LES SYSTÈMES DE PILOTAGE

- Connaître les éléments constitutifs des systèmes numériques
- Intégrer les différents modes de pilotage : sinus, aléatoire, choc, SRC, combiné
- Comprendre les nouveaux besoins

### 2 – PRENDRE EN COMPTE LES PARAMÈTRES DE PILOTAGE

- Connaître les techniques de pilotage du mode sinus : vitesse de pilotage, stratégie de mesure, pré-test, sécurité
- Connaître les techniques de pilotage du mode aléatoire : génération du signal, écrêtage, stratégie de pilotage et de mesure, pré-test, sécurité
- Connaître les techniques de pilotage du mode transitoire : Pré et post-lobes, pré-test, sécurité, spectres de réponse au choc
- Connaître les techniques de pilotage du mode vibration combinée : sinus sur bruit, bruit sur bruit

### 3 – APPLIQUER LES DIFFÉRENTES STRATÉGIES DE PILOTAGE

- Appréhender l'influence des paramètres sur le pilotage d'un moyen d'essai

## Objectifs :

*Comprendre l'architecture du code RCC-E 2012 - Rechercher et trouver un article du code RCC-E 2012 - L'interpréter dans son contexte.*

### Le but de cette formation est de :

- Situer le RCC-E dans son contexte réglementaire et faire le lien entre le code et le cahier de donnée de projet
- Identifier les parties du code et ses exigences clés
- S'approprier des liens entre les différentes parties
- Fournir une lecture des chapitres du code RCC-E et des exigences
- Apporter des clés de lecture pour une juste utilisation du code selon les spécialités d'ingénierie

## À SAVOIR

### Public

- Chefs de projet, responsables chargés d'affaires
- Responsables produits, concepteurs d'équipements ou de matériels pour centrale nucléaire

### Prérequis

- Connaissance des qualifications dans le domaine nucléaire
- Connaissance de base en électricité
- Niveau baccalauréat en mathématique

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Méthode interactive alternant présentation et exercice en individuel ou en groupes. Permettre aux stagiaires de pratiquer et lire le contenu du RCC-E et favoriser les recherches et les échanges entre stagiaires
- 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
- Maxi : 12 personnes
- Vélizy, du 15 au 18 juin 2021

### Tarif

**2 200 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – LE CONTEXTE ET L'OBJET DU CODE RCC-E 2012

- Revisiter les notions de risques, de sûreté, de parades
- Positionner l'AIEA, l'AFNEN et le contexte réglementaire
- Connaître l'objet et l'organisation du code RCC-E 2012

### 2 – L'INGÉNIERIE DES SYSTÈMES

- Appréhender la notion de classes de sûreté
- Connaître les exigences concernant les systèmes d'alimentation et la coordination des systèmes électriques
- Comprendre les exigences liées à l'architecture des systèmes de contrôle-commande

### 3 – L'INGÉNIERIE DES MATÉRIELS

- Comprendre et trouver les conditions de services et d'environnement à prendre en compte
- Comprendre le but et les procédures de la qualification et identifier des points clés pour une qualification
- Appréhender la notion de surveillance
- Comprendre la notion d'élément constitutif et les exigences qui en découlent
- Connaître les points clés pour la conception des systèmes programmés

### 4 – L'INSTALLATION

- Comprendre les règles de séparation
- Identifier les exigences concernant la mise à la terre et la prévention des agressions foudre et CEM

### 4 – SYNTHÈSE

- Identifier et comprendre les exigences liées à la documentation
- Connaître les principales évolutions du code

# ELN010 - Connaissance du RCC-E 2016, focus matériel

## Objectifs :

*Connaître le contexte et les lignes directrices du code RCC-E - Acquérir des compétences pour une juste application du RCC-E en situation de travail appliquées à l'ingénierie des matériels.*

## Le but de cette formation est de :

- Situer le RCC-E dans son contexte réglementaire et faire le lien entre le code et le cahier de données de projet
- Identifier les parties du code et s'approprier des liens entre les différentes parties
- Apporter des clés de lecture pour l'utilisation du code, appliqué à l'ingénierie des matériels

## À SAVOIR

### Public

- Chefs de projet
- Ingénieurs ayant la responsabilité du suivi des essais
- Responsables produits, concepteurs d'équipements ou de matériels pour centrale nucléaire

### Prérequis

- Connaissance des qualifications dans le domaine nucléaire
- Connaissance de base en électricité
- Niveau baccalauréat en mathématique

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exposés et exercices individuels ou en groupes pour permettre aux stagiaires de pratiquer et lire le code, Favoriser les recherches et les échanges entre stagiaires
- 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
- Maxi : 12 personnes
- Lyon, du 23 au 24 mars 2021
- Lyon, du 21 au 22 septembre 2021
- Vélizy, du 7 au 8 décembre 2021

### Tarif

**1 350 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – COMPRENDRE LE CONTEXTE ET L'OBJET DU CODE RCC-E 2016

- Revisiter les notions de risques, de sûreté, de parades
- Positionner l'AIEA, l'AFCEN et le contexte réglementaire
- Connaître l'objet et l'organisation du code RCC-E 2016

### 2 – IDENTIFIER LES SPÉCIFICATIONS DU BESOIN

- Connaître la structure de la partie II
- Identifier les données d'entrées nécessaires et les exigences associées,
- Trouver les conditions de services et d'environnement à prendre en compte

### 3 – SENSIBILISER AUX PARTIES III ET IV RELATIVES À L'INGÉNIERIE DES SYSTÈMES

- Connaître la structure des parties relatives à la conception des systèmes électriques et de contrôle- commande
- Comprendre les points clés de ces parties

### 4 – CONNAÎTRE LES EXIGENCES LIÉES À L'INGÉNIERIE DES MATÉRIELS

- Comprendre le but et les processus de la qualification
- Connaître les méthodes, les catégories et les procédures de qualification qui en découlent
- Trouver les exigences pour les matériels
- Comprendre la pérennité de la qualification en fabrication

### 5 – SENSIBILISER AUX RÈGLES LIÉES À L'INSTALLATION (PARTIE VI)

- Comprendre les règles de séparation
- Sensibiliser aux autres exigences liées à l'installation notamment la prévention des agressions foudre et CEM

### 6 – COMPRENDRE LES EXIGENCES LIÉES À LA DOCUMENTATION

# SOP1901 - Principes fondamentaux de la norme IEC 61508

45

## Objectifs :

*Disposer des prérequis nécessaires à la mise en application de la norme IEC 61508 dans la conception et la réalisation des systèmes instrumentés de sécurité.*

## Le but de cette formation est de :

- Énoncer les principes fondamentaux de la norme IEC 61508 pour la partie matérielle
- Énoncer les paramètres caractérisant le niveau d'intégrité de sécurité SIL matériel d'une fonction instrumentée de sécurité
- Énoncer les principes fondamentaux de la norme IEC 61508 pour la partie logicielle
- Appréhender les grandes phases du cycle de vie d'un logiciel

## À SAVOIR

### Public

- Bureau d'étude, ingénierie

### Prérequis

- Connaissance des systèmes instrumentés (systèmes de contrôle / commande industriels)

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exposés
  - Discussions
  - Présentation d'exemples
- 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 : 1 jour soit 7 h
- Maxi : 10 personnes
- Vélizy, le 5 octobre 2021

### Tarif

**950 € HT**

## PROGRAMME

### Chapitre 1

#### LES BASES DE LA SÉCURITÉ FONCTIONNELLE NORME IEC/EN 61508 – PARTIE MATÉRIELLE

- Principes fondamentaux de la norme IEC/EN 61508 (Partie 1)
  - Concepts de base
  - Notion de cycle de vie de sûreté
  - Notion de gestion de la sécurité fonctionnelle
  - Stratégie de réduction des risques
  - Notion de niveau d'intégrité de sécurité SIL (Safety Integrity Level)
- Prescriptions de la norme IEC/EN 61508 limitées à la partie matérielle des systèmes (Partie 2)
  - Prescriptions relatives au cycle de vie et à sa gestion
  - Niveau d'intégrité de sécurité matériel
    - » Notion de probabilité de défaillance dangereuse PFDAVG ou PFH
    - » Notion de proportion des défaillances en sécurité SFF
    - » Notion de mode commun de défaillance : CCF
  - Niveau d'intégrité de sécurité résultant d'une combinaison de systèmes
- Méthodes et outils d'évaluation du niveau SIL d'une fonction instrumentée de sécurité (IEC 61508 Partie 6 limitée à la partie matérielle)
  - L'A.M.D.E.C. adaptée au calcul de la proportion des défaillances en sécurité SFF
  - Le calcul de la probabilité de défaillance dangereuse d'architectures types
- Exemples d'application

### Chapitre 2

#### LES BASES DE LA SÉCURITÉ FONCTIONNELLE NORME IEC/EN 61508 – PARTIE LOGICIELLE

- Notions fondamentales relatives au logiciel
  - Les défaillances du logiciel
  - Le rôle des spécifications
- Stratégie de sûreté logicielle
  - L'obtention de la sûreté
    - » La prévention des fautes
    - » La tolérance aux fautes
  - La validation de la sûreté
    - » La prévision des fautes
    - » L'élimination des fautes
- La notion de criticité du logiciel
- Le cycle de vie du logiciel et ses exigences selon l'IEC 61511

# SOP1902 - Mise en application de la norme IEC 61508

## Objectifs :

*Mettre en œuvre la norme IEC 61508 dans la conception et la réalisation des systèmes instrumentés de sécurité.*

## Le but de cette formation est de :

- Donner la définition des paramètres caractérisant le niveau d'intégrité de sécurité SIL matériel d'une fonction instrumentée de sécurité au sens de la norme IEC 61508
- Calculer le niveau d'intégrité de sécurité SIL matériel d'une fonction instrumentée de sécurité simple
- Donner la définition des grandes phases de développement d'un logiciel au sens de la norme IEC 61508 (construction, vérification, validation, évaluation)
- Citer les différentes étapes du cycle de vie d'un logiciel développé sur le modèle du cycle en V
- Énoncer les exigences relatives aux différentes phases du cycle de vie du logiciel

## À SAVOIR

### Public

- Concepteur de système instrumenté et des systèmes de contrôle commande

### Prérequis

- Une expérience confirmée des matériels et logiciels des systèmes instrumentés et des systèmes de contrôle commande

### Méthodes pédagogiques

- Vérification des prérequis
- Action de formation :
  - Support de cours
  - Exposés
  - Discussions
  - Présentation d'exemples
- 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
- Maxi : 10 personnes
- Vélizy, du 16 au 18 novembre 2021

### Tarif

**1 900 € HT**

## PROGRAMME

### 1 – LES BASES DE LA SÉCURITÉ FONCTIONNELLE NORME IEC/EN 61508 – PARTIE MATÉRIELLE

- Principes fondamentaux de la norme IEC/EN 61508 (Partie 1)
  - » Concepts de base
  - » Notion de cycle de vie de sûreté
  - » Notion de gestion de la sécurité fonctionnelle
  - » Stratégie de réduction des risques
  - » Notion de niveau d'intégrité de sécurité SIL (Safety Integrity Level)
- Prescriptions de la norme IEC/EN 61508 limitées à la partie matérielle des systèmes (Partie 2)
  - Prescriptions relatives au cycle de vie et à sa gestion
  - Niveau d'intégrité de sécurité matériel
    - » Notion probabilité de défaillance dangereuse PFDAVG ou PFH
    - » Notion de proportion des défaillances en sécurité SFF
    - » Notion de mode commun de défaillance : CCF
  - Niveau d'intégrité de sécurité résultant d'une combinaison de systèmes
- Méthodes et outils d'évaluation du niveau SIL d'une fonction instrumentée de sécurité (IEC 61508 Partie 6 limitée à la partie matérielle)
  - L'A.M.D.E.C. adaptée au calcul de la proportion des défaillances en sécurité SFF
  - Le calcul de la probabilité de défaillance dangereuse d'architectures types
- Exercices d'application

### 2 – LES BASES DE LA SÉCURITÉ FONCTIONNELLE NORME IEC/EN 61508 – PARTIE LOGICIELLE

- Notions fondamentales relatives au logiciel
  - Les défaillances du logiciel
  - Le rôle des spécifications
- Stratégie de sûreté logicielle
  - L'obtention de la sûreté
    - » La prévention des fautes
    - » La tolérance aux fautes
  - La validation de la sûreté
    - » La prévision des fautes
    - » L'élimination des fautes
- La notion de criticité du logiciel

### 3 – LE CYCLE DE VIE DU LOGICIEL ET SES EXIGENCES SELON L'IEC 61508

- Le cycle de vie des systèmes électroniques programmables basé sur le cycle en V
- Structuration des exigences relatives au cycle de vie
- Les exigences relatives au cycle de vie
- Les exigences relatives aux phases du cycle de vie
  - » Exigences relatives aux spécifications
  - » Exigences relatives à la planification de la validation
  - » Exigences relatives à la conception et au développement
  - » Exigences relatives à l'intégration matériel / logiciel
  - » Exigences relatives à la validation de la sécurité des logiciels
  - » Exigences relatives à la vérification de la sécurité des logiciels
  - » Exigences relatives à la planification de l'exploitation des logiciels
  - » Exigences relatives aux modifications et à la gestion de configuration
  - » Exigences relatives à l'évaluation de la sécurité des logiciels

## AEMC

**Forme Juridique : SAS**

**Code APE : 8559A**

**N° SIRET : 331 790 501 000 26**

N° de déclaration d'existence : à nous demander (attribué par la cellule de contrôle de la région Auvergne-Rhône-Alpes).

## Méthodes pédagogiques

Vérification des prérequis

Action de formation :

- Support de cours
- Exercices pratiques
- Démonstrations pratiques si possible

Evaluation 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

## MODALITÉS D'INSCRIPTION

Les options de réservation et les demandes de renseignements peuvent être effectuées directement :

- Par téléphone, ou e-mail auprès d'Isabelle KNERA, Claudine FRIER ou Christine BLANC-TRANCHANT.

Tél. : 04 76 49 76 76 ou e-mail : mail@aemc.fr

## LES INSCRIPTIONS FERMES

Seule la réception d'une confirmation écrite (courrier ou email) par une personne habilitée rend l'inscription définitive qui sera confirmée par l'envoi d'un accusé de réception.

Le nombre de places étant limité, les inscriptions seront enregistrées suivant l'ordre d'arrivée.

Un dossier de convocation est adressé aux inscrits au plus tard trois semaines avant le début de la session ; celui-ci comprend entre autre, une liste d'hôtels proches du lieu du stage et un plan d'accès.

AEMC se réserve le droit d'annuler toute session n'ayant pas réuni un nombre suffisant de participants.

Les stages de formation dispensés par AEMC, établissement conventionné par l'Etat, donnent lieu à une convention de formation (N° de déclaration d'existence à demander auprès de nos services).

Les frais d'inscription comprennent l'accès d'une personne au stage, la fourniture de la documentation, les pauses café et les déjeuners. Toute annulation d'inscription non parvenue à AEMC par écrit au plus tard quinze jours avant le début de la session entraîne le paiement d'un dédommagement de 30% du montant du stage (TVA au taux en vigueur en sus). En cas de non présentation sans annulation écrite ou en cas d'annulation tardive le stage sera dû et facturé au coût catalogue.

Un participant peut se faire remplacer sur la même session par une autre personne du même établissement à tout moment et sans frais additionnels. Nous prévenir de ce remplacement avant le début du stage.

Dans le cas d'une prise en charge du stage par un organisme gestionnaire des fonds de formation de l'entreprise, l'inscription ne devient effective qu'à réception de l'accord de prise en charge.

Si vous souhaitez que votre OPCA prenne en charge le paiement de la formation, il vous appartient :

- d'effectuer la DPC (Demande préalable d'accord de Prise en Charge) vers l'OPCA au plus tard en même temps que votre demande vers AEMC.

- de nous indiquer l'OPCA concerné et ses coordonnées.

Dans le cas contraire (DPC faite trop près de la formation ou après la formation), l'éventuelle acceptation de prise en charge ne sera pas connue d'AEMC, et votre Entreprise sera facturée directement.

(\*) OPCA : Organisme Paritaire Collecteur Agréé.

## CONDITIONS DE PAIEMENT

Par chèque du montant total TTC de la facture à l'ordre d'AEMC.

Par virement bancaire.

A l'issue de la formation, une facture, une attestation de stage ainsi qu'une copie de la feuille d'émargement sont adressées à l'entreprise, ainsi qu'au stagiaire.

RGPD : Consultez notre politique générale à l'adresse suivante <https://sopemea.fr/politique-rgpd>



# Inscriptions : Aemc



86 rue de la Liberté - 38180 Seyssins  
Tél : +33 (0)4 76 49 76 76 contact : mail@aemc.fr

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

epcom 01 79 41 23 33

LAISSEZ-VOUS ACCOMPAGNER

EXPERTISE  
ESSAIS  
FORMATION

