

Objectifs :

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

Le but de cette formation est de :

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

À SAVOIR

Public

- Tout public

Postulats

- Pas de connaissance en électricité
- Pas de connaissance mathématique

Méthodes pédagogiques

- Action de formation :
 - Support de cours
 - Exercices pratiques
 - Démonstrations pratiques si possible et effectuées par l'instructeur
- Évaluation des acquis :
 - QCM en fin de session

Modalités pédagogiques

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

Intervenant

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

Informations pratiques

- Durée : 3 jours soit 21 h
- Lyon, du 01 au 03 avril 2025
- Paris, du 17 au 19 juin 2025
- Paris, du 25 au 27 novembre 2025

Tarif

1 720 € HT

PROGRAMME

1 – INTRODUCTION

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

2 – LA PHYSIQUE DU DOMAINE

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

3 – LES SOURCES DE PERTURBATIONS

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

- Rayonnement des transformateurs de puissance
- Appareils industriels haute fréquence

4 – EXPOSITION HUMAINE

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

5 – PHASE DE CONCEPTION : DÉFINITION DES OBJECTIFS RÉGLEMENTAIRES CEM

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

6 – PHASE DE CONCEPTION : RÈGLES CEM DE CONCEPTION

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

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

7 – PHASE DE PROTOTYPE : RÉALISATION

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

8 – PHASE DE QUALIFICATION

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

9 – PHASE D'INSTALLATION

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

10 – PHASE D'EXPLOITATION

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

11 – CONCLUSION

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