

Compatibilité Electromagnétique

# Intégration et câblage CEM d'un équipement

Formation de 3 jours



86, rue de la Liberté  
Immeuble "Le St Georges"  
38180 SEYSSINS  
Tél : 04 76 49 76 76  
mail@aemc.fr



## 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'une machine industrielle.

Le but de cette formation est de :

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

## Public

Ingénieurs et techniciens de bureau d'étude d'ingénierie et d'installation électrique  
Techniciens et agents de maintenance d'installation  
Concepteurs électriciens et mécaniciens chargés de l'intégration des systèmes

## Postulats

Connaissance de base en électricité  
Pas de connaissance mathématique

## Méthodes pédagogiques

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

## Informations Pratiques

Durée : 3 jours soit 21 h



# Introduction

- CEM d'un système industriel
- Exemples de perturbations inter-systèmes
- Évolution des électroniques
- Caractérisation CEM des équipements
- Détection d'enveloppe par une jonction
- Marges de bruit en tension des logiques
- Représentation d'un signal sinusoïdal
- Enveloppe spectrale d'impulsions répétitives
- Densité spectrale d'une impulsion
- Réciprocité temps / fréquence
- La CEM est un objectif fonctionnel
- Marge de compatibilité
- Utilisation des décibels
- Electronique : rappels



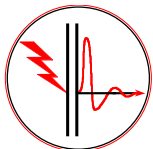
# Exigences CEM

- Directive européenne CEM - Exigences essentielles
- Documentation technique
- Notice technique
- Directive européenne CEM – Normes harmonisées
- Exemple de déclaration UE de conformité
- Marquage CE



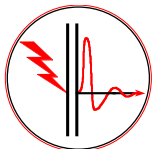
# Normes d'émission

- Classification des matériels selon la CISPR
- Perturbation à bande étroite
- Perturbation à bande large
- Principaux modes de détection
- Mesure des perturbations conduites
- Exemple de Cage de Faraday
- CISPR 11 / EN 55011 : Limites en rayonnement



## Normes d'immunité

- Principales normes fondamentales CEI 61000-4-X
- Norme CEI 61000-4-2
- Schéma du générateur D.E.S. et forme d'onde
- Exemple d'installation d'essai - matériel posé au sol
- Essai CEI 61000-4-4 / NF EN 61000-4-4
- EN 61000 - 4 - 4 : Mise en œuvre du test
- Essai CEI 61000 - 4 - 5 / NF EN 61000 - 4 - 5
- CEI 61000-4-5 / Forme d'onde
- Essai 61000 - 4 - 6 / NF EN 61000 - 4 - 6
- NF EN 61000 - 4 - 6 : mise en œuvre du test
- Creux, coupures brèves et variations de tension
- CEI 61000-4-3
- 61000-4-3 : Configuration d'essai
- Immunité rayonnée en champ H



## Perturbations conduites

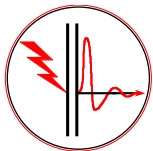
- Mode commun / Mode différentiel
- Couplage par impédance commune dans un câble
- Impédance des conducteurs cylindriques
- Connexions de masse pour équipements
- Impédance d'une tôle
- Impédance d'un maillage
- Équipotentialité de la masse
- Couplage capacitif carte à masse
- Diaphonie de Mode Différentiel
- Atténuation par torsades
- Diaphonie de mode commun
- Réduction de la diaphonie par plan de masse
- Cas de la sonorisation d'une salle
- Résumé des perturbations conduites



# Perturbations rayonnées

- Qu'est-ce qu'un champ ?
- Couplage entre les champs E et H
- Impédance d'onde selon la distance
- Couplage « champ magnétique à boucle »
- Couplage « champ électrique à câbles »
- Couplages en champ près d'un plan de masse
- Résumé des perturbations rayonnées





## Sources de perturbations

- Champ rayonné par un émetteur
- Propagation des champs
- Appareils industriels H.F.
- Décharges personnelles directes
- Destruction d'un CI par manipulation
- Le nuage de la foudre
- La décharge de foudre négative
- Valeurs typiques d'un choc de foudre
- Niveaux de protection de la norme NF EN 62305
- Niveaux kérauniques par départements
- Élévation de potentiel du sol
- Rayonnement d'un choc de foudre indirect
- Rayonnement d'un transformateur
- Interférences des électroniques numériques
- Mode commun d'un pont hexaphasé à thyristors
- Encoches de commutation
- Les 5 types de perturbations en commutation
- Variateur de vitesse
- Surtension à la coupure des relais
- Diode en parallèle inverse
- Varistance en parallèle
- RC en parallèle
- Résumé des principales sources de perturbations



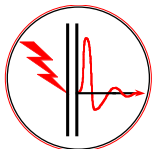
# Terres

- Courants de neutre, de PE et de terre
- Mesure de résistance de terre
- Les fonctions d'une terre
- Terre
- Résistivité des sols
- Réseaux de terre
- « Terre » informatique



## Réseaux de masse

- Masses : aspects réglementaires
- Définition et effets de boucles de masse
- Définition et effets des boucles entre masses
- Boucles de masse des systèmes modernes
- Masse en étoile = impédance commune !
- Câblage en étoile = grande boucle de masse !
- Maillage des conducteurs de masse
- Exemple d'îlot : armoire
- Armoire : détails (1)
- Armoire : détails (2)
- Eviter les terres séparées !
- Eviter les terres isolées !
- Exemple d'îlot : salle technique
- Résumé des problèmes de masses



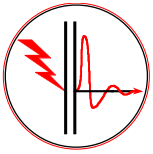
## Câbles d'interconnexion

- Câblage avec effet réducteur
- Nouvelles règles de l'art
- Composants d'isolement anti-mode commun BF
- Détection d'enveloppe des optocoupleurs
- Réjection de MC d'une liaison symétrique différentielle
- Où raccorder le blindage des câbles ?
- Câblage des capteurs très bas-niveaux
- Exemples de mise en œuvre des câbles blindés
- Raccordement des connecteurs blindés
- Mise en œuvre de connecteurs RJ11 ou RJ45 blindés
- Effet réducteur des chemins de câbles
- Différents effets réducteurs
- Facteur de blindage d'échelle de câbles
- Utilisation des chemins de câble
- Raccordement des chemins de câbles
- Chemin de câbles en traversée de paroi
- Classification des signaux
- Règles de câblage
- Résumé des problèmes de câbles



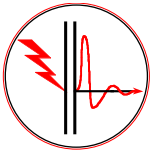
# Limiteurs de surtensions et filtrage

- Principaux parasurtenseurs
- Classification des parafoudres BT
- Paramètres des parafoudres BT
- Protection contre les surtensions
- Montage des parafoudres énergie / télécom
- Parafoudres combinés Secteur + Téléphone
- Différents filtres d'alimentation
- Les 3 règles de montage des filtres secteurs
- Filtrage du mode commun au châssis
- Quel ferrite utiliser ?
- Utilisation des manchons de ferrite
- Résumé des protections et filtrages



# Les lignes de transmission

- Qu'est-ce qu'une ligne de transmission ?
- Paramètres linéiques d'une ligne
- Impédance caractéristique
- Propagation dans une ligne sans perte
- Lignes en impulsion : réflexion d'un front
- Forme des signaux
- Quand doit-on adapter une ligne ?



## Ecrans et blindages

- Comment un blindage fonctionne-t-il ?
- Pertes par réflexion
- Pertes par absorption
- Déflexion des lignes de champ magnétique
- Difficultés de blindage
- Quelques joints conducteurs
- Couples électrochimiques
- Traitement des pénétrations
- Câblage interne
- Résumé des écrans et blindages



# Validation

- Contrôle de la continuité de masse
- Choix du générateur
- Tests aux talkies walkies
- Essai CEI 61000-4-4 / NF EN 61000-4-4
- TER/S : Méthode d'injection sur site
- Transitoires rapides sur site
- Résumé des problèmes de validation





## Remèdes

- Panne EMC : Quels réflexes ?
- Méthode de correction CEM sur site
- Instrumentation spécifique
- Pincés de courant BF
- Utilisation de la pince H.F.
- Sonde de Mœbius
- Utilisation d'une sonde de Mœbius
- Immunité : ordre de grandeur
- Corrections d'erreurs CEM fréquentes
- Résumé du chapitre remèdes



# Conclusion

- CEM des systèmes et Installations : Acronymes
- Bibliographie CEM française
- Quelques sites Internet intéressants