

Compatibilité Electromagnétique

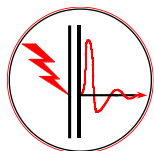
CEM Appliquée au ferroviaire

Formation de 3 jours

Aemc



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



Objectifs pédagogiques de la formation

A l'issue de cette formation, le stagiaire sera capable de prendre en compte l'ensemble des paramètres clefs CEM dans le milieu ferroviaire. Elle se basera sur les référentiels en vigueur suivants :

- NF EN 50121-3-2 : Application ferroviaire - CEM des appareils du matériel roulant
- NF EN 50155 : Application ferroviaire - Équipements électroniques utilisés sur le matériel roulant
- NF EN 50343 : Application ferroviaire – Matériel roulant – Règles d'installation du câblage
- NF EN 50500 : Procédures de mesure des niveaux de champ magnétique générés par les appareils électriques et électroniques dans l'environnement ferroviaire en regard de l'exposition humaine
- Décret n°2002-775 : Retranscrit en droit français la recommandation européenne 1999/519/CE relative à l'exposition du public aux champs électromagnétiques
- Décret n°2016-1074 : Transpose en droit français la directive européenne 2013/35/UE relative à la protection de la santé et de la sécurité des travailleurs contre les risques dus aux champs électromagnétiques

Le but de cette formation est de :

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

Méthodes pédagogiques

Action de formation :

- Support de cours
- Exercices pratiques
- Démonstrations

pratiques Evaluation

des acquis :

- QCM en début et fin de session

Modalités pédagogiques

Formation d'adaptation et de développement des compétences dispensée en présentiel

Programme adapté

Attestation de fin de formation

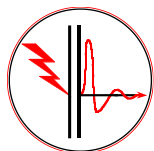
Intervenant

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

Informations Pratiques

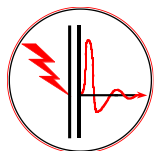
Durée : 3 jours soit 21 h

AEMC	Ce document ne peut être reproduit ou dupliqué sans l'autorisation de AEMC	Page : 2 / 13
------	--	---------------



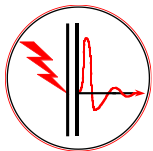
Introduction

- 4000 ans d'électricité
- Compatibilité électromagnétique
- Perturbations : causes et effets
- Terminologie CEM
- Marge de compatibilité
- Niveaux de perturbations
- Méthode d'analyse de la CEM
- Rappels sur l'utilisation des décibels
- Tableau de correspondance
- Pourquoi la représentation fréquentielle ?
- Conversion temps – fréquence
- Propagation des champs électromagnétiques
- Densité spectrale d'une impulsion
- Enveloppe spectrale d'impulsions répétitives
- CEM Ferroviaire - Normes harmonisées
- Ordres de grandeurs d'émission – Domaine Ferroviaire
- Ordres de grandeurs d'immunité – Domaine Ferroviaire



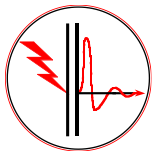
Couplage par conduction

- Mode commun / Mode différentiel
- Perturbations secteur
- Les 2 modes communs
- Couplage par impédance commune dans un câble
- Couplage par impédance commune sur une carte
- Impédance des conducteurs (fil cylindrique et piste)
- Impédance des conducteurs cylindriques
- Connexions de masse pour équipements
- Impédance d'une tôle
- Équipotentialité de la masse
- Réduction de l'impédance par maillage
- Couplage capacitif carte à masse
- Capacité totale entre carte et plan de masse
- Masse mécanique / masse électrique
- Raccordement du 0 V au châssis
- Diaphonie de Mode Différentiel
- Atténuation par torsades
- Mesure simple de l'effet réducteur d'une paire
- Diaphonie de mode commun
- Réduction de la diaphonie par plan de masse
- Utilisation d'écrans électrostatiques
- 0V flottant : dispositions mécaniques
- Cas de la sonorisation d'un train
- Résumé des perturbations conduites



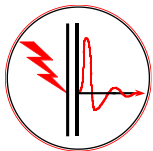
Couplage par rayonnement

- Qu'est-ce qu'un champ ?
- Couplage entre les champs E et H
- Impédance d'onde selon la distance
- Rayonnement du doublet de Hertz
- Rayonnement d'un doublet magnétique
- Champ proche / champ lointain
- Couplage « champ magnétique à boucle »
- Calcul de la tension de boucle
- Exemple de susceptibilité d'un système audio
- Torsade des conducteurs
- Exemple de tension induite en Mode Différentiel
- Cas particulier du champ magnétique impulsionnel
- Résumé des problèmes champ à boucle
- Couplage « champ électrique à câbles »
- Propagation des champs
- Courant d'antenne
- Exemple de courant induit
- Réduction du champ par plan de masse
- Résumé des problèmes champ à fil



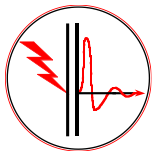
Maîtrise de 2 systèmes de communication HF

- Les 5 brouillages entre émetteur et récepteur
- Différents cas de brouillages ou perturbations
- CEM et partage du spectre entre service
- Intermodulation dans la chaîne de réception
- Calcul des produits d'intermodulation
- Composante d'intermodulation : classification
- Étude de cas avec les 2 systèmes TETRA et GSRM



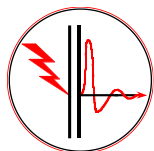
Circuits de commutation

- Convertisseurs statiques
- Mode commun d'une alimentation à découpage
- Calcul du mode commun
- Filtrage du mode commun
- Mode commun d'entrée à sortie
- Les 3 cas de mode commun entrée à sortie
- Réduction du Mode Commun Entrée à Sortie
- Mode différentiel d'alimentation à découpage
- Impédance d'un condensateur chimique
- Mise en œuvre des condensateurs chimiques
- Calcul du mode différentiel
- Filtrage du mode différentiel
- Filtre d'alimentation secteur
- Recouvrement des diodes de redressement
- Réduction de la surface des boucles
- Résumé des problèmes de découpage



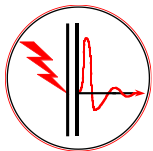
Alimentation électrique

- Problèmes de qualité du réseau d'alimentation
- Décomposition d'un courant en harmoniques
- Distorsion de l'onde de tension secteur
- Filtre anti-harmonique
- Résonnance des condensateurs de compensation
- Surtension à la coupure de relais
- Solution d'écrêtage : Diode en parallèle
- Solution d'écrêtage : Résistance en parallèle
- Solution d'écrêtage : Varistance en parallèle

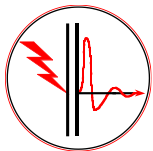


Règles de conception, de câblage et filtrage

- Principe de l'effet réducteur
- Mesure simple de l'effet réducteur d'un coaxial
- Vérification de l'effet réducteur d'un coaxial
- Réjection du mode commun par câblage
- Nouvelles règles de l'art
- Composants d'isolement anti-mode commun BF
- Protection BF par liaison différentielle
- Mise à la masse des écrans de transfos
- Détection d'enveloppe des optocoupleurs
- Câblage des capteurs très bas-niveaux
- Raccordement des écrans aux 2 extrémités
- Terminaison des blindages
- Éviter les borniers à vis !
- Exemple de mise œuvre
- Raccordement des connecteurs blindés
- Effet réducteur des chemins de câble
- Utilisation des chemins de câbles
- Chemin de câbles en traversées de paroi
- Différents effets réducteurs
- Classification des signaux – Norme NF EN 50343
- Règles de câblage – Norme NF EN 50343
- Intérêts des fibres optiques
- Différentes structures des filtres secteur

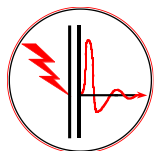


- Les 3 règles de montage des filtres
- Exemples de filtres,
- Filtrage du mode commun au châssis
- Intérêt d'un plan de masse local
- Implantation et routage des filtres
- Selfs de mode commun
- Impédance de tores de ferrite
- Impédance en fonction du nombre de spires
- Résumé des problèmes de filtrage

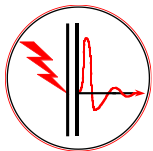


Risques ESD

- De nos jours...
- Risques Électrostatiques
- Acquisition de charges électrostatiques – Corps isolant
- Acquisition de charges par un conducteur
- Méthode pédagogique : Mise en évidence de l'acquisition de charge d'un conducteur via un mesureur de champ E statique (moulin à champ)
- Série Triboélectrique
- Transformateur continu – continu
- Potentiels sur revêtements de sol
- Décharges personnelles directes
- Décharges directes typiques
- Décharges indirectes typiques
- Destructures d'un CI par manipulation
- Quelques valeurs type en Électrostatique
- Dégradation des composants
- Énergie et puissance d'une décharge



- Norme NF EN 61340-5-1
- Programme de maîtrise des ESD
- Protection ESD : références normatives
- Utilisations des matériaux (selon AEMC)
- NF EN 61340-5-1 : Tableau récapitulatif
- Contrôle des précautions antistatiques : bracelets, talonnettes
- Installation typique d'une EPA
- Contrôle d'accès en zone antistatique



Risques humains

- NF EN 50500 : Exposition humain dans le domaine ferroviaire
- Niveau d'exposition – Champ électrique BF
- Niveau d'exposition – Champ magnétique BF
- Niveau d'exposition – Champ électrique HF
- Exemple de champ magnétique BF rayonné d'une sous-station ferroviaire