

Chapitre 1

Concept de la CEM

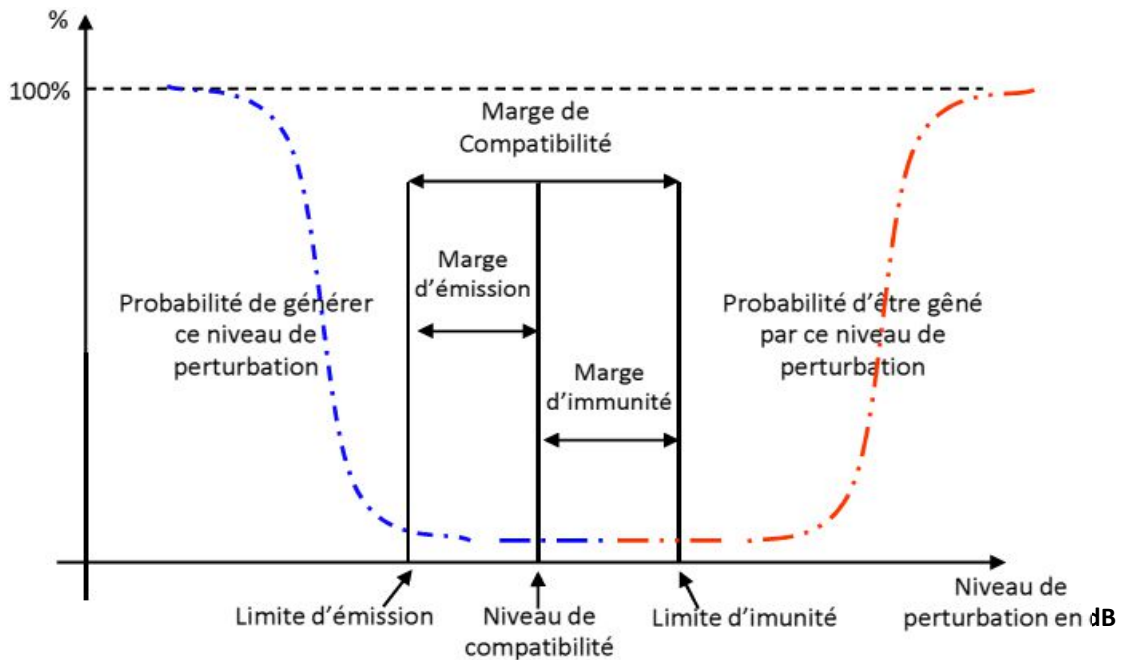
1 Introduction à la CEM

1.1 Définition

CEM : la compatibilité électromagnétique d'un équipement ou d'un système est son aptitude à fonctionner de façon satisfaisante dans un environnement électromagnétique et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques susceptible de perturber le bon fonctionnement des éléments se trouvant dans cet environnement.

1.2- Notions de la compatibilité magnétique

La notion de la compatibilité électromagnétique naît de la confrontation de ces deux aspects autour d'une ligne de partage, comme elle le présente la figure suivante:



CEM INTER SYSTEME : Tient compte du déploiement réel du système et doit garantir que le système et les autres systèmes existants partageant la (les) même(s) sous-bandes de fréquences, seront en mesure de cohabiter, sans causer ni subir de dégradation.

CEM INTRA SYSTEME : Concerne le CEM des systèmes faisant partie d'installations ou plates-formes importantes (navires, avions,...) et a pour but de réduire à un niveau acceptable les brouillages entre systèmes co-implantés et par conséquent d'éviter toute détérioration de leurs performances.

CEM DE MATERIEL : Concerne la CEM des sous-ensembles constituant un matériel donné (baies, coffrets, cartes, rack,..) et a pour but d'assurer le bon fonctionnement du sous-ensemble.

1.2.1 Notion d'Emission : Production et propagation de perturbation électromagnétiques. Autrement émission ou **perturbations** désignent les signaux émis volontaires ou non dont la propagation est de nature à nuire au bon fonctionnement des appareils ou à la santé des êtres vivants situés au voisinage ; c'est le pouvoir perturbateur d'un équipement électrique (EMI = ElectroMagnetic Interference).

1.2.2 Immunité : Fonctionnement d'un appareil ou d'un équipement d'une manière satisfaisante dans un environnement électromagnétique. L'immunité est aussi appelé la **susceptibilité** ; la capacité à supporter les perturbations (EMS = ElectroMagnetic Susceptibility).

1.3- Thèmes de la CEM

La compatibilité électromagnétique (CEM) est la discipline qui a pour objet d'étudier les problèmes de cohabitation électromagnétique.

Les principaux centres d'étude de la CEM:

- les sources de perturbations et les procédés permettant de limiter les perturbations électromagnétiques émises (analyse des sources de perturbations);
- Les modes de couplage et de propagation (possibilité de passage d'une perturbation d'un dispositif vers un autre / environnement électromagnétique);
- immunité des appareils et des systèmes aux perturbations (développer des procédés permettant d'accroître l'immunité des systèmes aux parasites).

Les effets des perturbations sur les "victimes", qui correspondent au concept de susceptibilité électromagnétique.

- protection contre la foudre

1.3.1 - Sources de perturbations.

Les sources des émissions électromagnétiques peuvent être d'origine naturelle ou artificielle liée à l'activité humaine (intentionnelle ou non intentionnelle).

Sources naturelles : foudre, rayonnement solaire, bruit thermique terrestre, galactique...

Sources artificielles intentionnelles : équipement de télécommunication (émetteurs radio et télévision, radar, téléphones portables, ...), appareils électroménagers (micro-ondes, fours à induction, fours...), soudure à arc, lampes à décharge, ...

Sources artificielles non intentionnelles : fluctuations de tension et de courant, les courts circuits, systèmes d'allumage des moteurs à explosion, tous les systèmes d'enclenchement et de coupure d'un signal électrique, lampes à décharge, Electronique de contrôle-commande et électronique de puissance, électronique de protection, appareillage de puissance, Moteur puissant à collecteur, démarrage de tout type de moteur électrique puissant, Les décharges électrostatiques qui impliquent le corps humain ou des matériaux mis en mouvement par l'homme...

1.3.2 Mode de propagation des perturbations

Les perturbations électromagnétiques se propagent par deux voies distinctes, par *Conduction* et/ou par *Rayonnement*.

Perturbations rayonnées se propagent dans l'air et elles sont transmises par :

- un champ électrique (E)
- un champ magnétique (B)
- un champ électromagnétique (E, B)

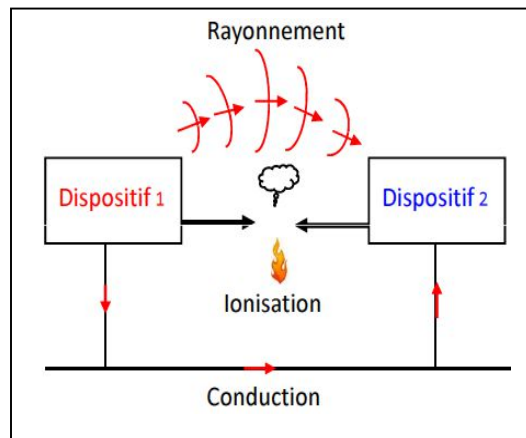
Perturbations conduites

Les perturbations électromagnétiques conduites sont transmises par les connexions électriques entre différents équipements.

Ionisation (Electrostatique) : Conséquence de mise en contact d'un matériau électriquement chargé ou amorçage par ionisation d'isolants.

On distingue les ionisations par :

- la chaleur (comme le détecteur de flamme, poste à souder, ...)
- l'humidité (comme la foudre).



1.3.3 Perturbations à basses fréquences

1.3.3.1 Perturbations à basses fréquences conduites entretenues :

- **flicker** -fréquente baisses légères de tension du réseau provoquées par des à-coups de courant - Démarrage de gros moteurs ;
 - chaudières électriques ;
 - fours à arc électrique.

Les variations de fréquences du réseau électrique :- les groupes électrogènes dont la charge varie ;

- *Les harmoniques ;*
- *Les inter-harmoniques générées par* - certains convertisseurs de fréquence ;
 - Les cyclo-convertisseurs,
 - les moteurs asynchrones à rotor non lisse ;
 - convertisseur de puissance ;
 - certains hacheurs ;
 - variateurs de vitesses.
 -

1.3.3.2 Perturbations à basses fréquences conduites transitoires

- Fluctuation de la tension ;
- les creux et les microcoupures ;
- Les surtensions lentes ;
- la foudre ;
- les courants transitoires (enclenchement des charges).

1.3.3.3 Perturbations à basses fréquences rayonnées entretenues :

- *le champ de fuite des transformateurs ;*
- *rayonnement des lignes aériennes d'énergie ;*
- *des courant de fuite a la terre ;*
- les fours à induction.*

1.3.3.4 Perturbations à basses fréquences rayonnées transitoires :

- les courts circuits ;
- l'enclenchement des lignes aériennes ;
- les flashes électroniques ;
- la foudre.

1.3.4 Perturbations à hautes fréquences

1.3.4.1 Conduites entretenues

- le bruit de commutation des moteurs à collecteur
- horloge des systèmes informatiques

1.3.4.2 Conduites transitoires

- la coupure de courant dans les bobines : après la coupure de courant dans la bobine,
L'énergie inductive charge la capacité entre les conducteurs, une surtension ;
- les décharges électrostatiques ;
- les manœuvres en hautes tensions

1.3.4.3 rayonnées entretenues

- Les machines ISM The industrial, scientific and medical (ISM) ;
- les émetteurs hertziens.

1.3.4.4 rayonnées transitoires

- les décharges électrostatiques ;
- les manœuvres en hautes tensions ;
- les arcs électriques

1.4. Terminologie CEM

Niveau de susceptibilité.

Il s'agit du niveau à partir duquel il y a dysfonctionnement d'un matériel ou d'un système.

Niveau d'immunité.

C'est le niveau d'une perturbation supportée par un matériel ou un système.

Niveau de compatibilité.

C'est le niveau maximal de perturbation auquel on peut s'attendre dans un environnement donné.

Marge d'immunité.

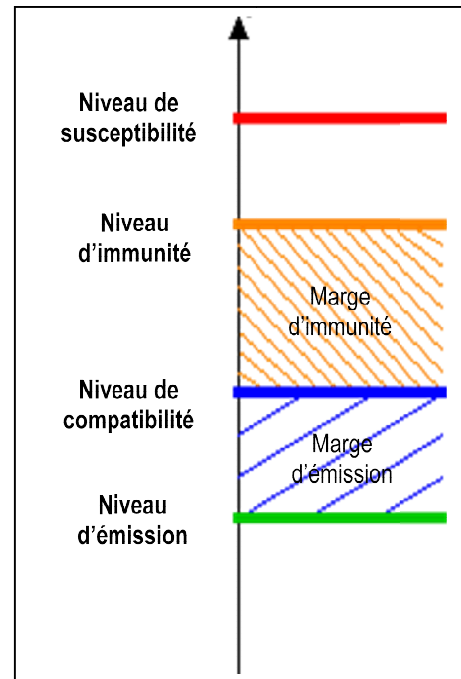
C'est la marge qui existe entre le niveau de compatibilité et le niveau de limite d'immunité.

Niveau d'émission.

C'est le niveau maximal d'émission de perturbation que ne doit pas dépasser un matériel.

Marge d'émission.

C'est la marge qui existe entre le niveau de compatibilité et le niveau de limite d'émission.



1.5- Définitions et abréviations

E3 = EEE electromagnetic environmental effects

Effets de l'environnement électromagnétique

EMS : electromagnetic susceptibility

Susceptibilité électromagnétique

EMV: electromagnetic vulnerability

Vulnérabilité électromagnétique

EOS: electrical overstress

Surcharges électriques

HERF: hazards of electromagnetic radiations to fuel

Dangers électromagnétiques pour les carburants

HERO: hazards of electromagnetic radiations to ordnance,

dangers des rayonnements électromagnétiques pour le matériel militaire (munitions.)

HERP: hazards of electromagnetic radiations to personnel

dangers des rayonnements électromagnétiques pour le personnel

RADHAZ: radiations hazards , risques lies aux radiations

1.6 Les grandeurs et unités utilisées en CEM

Tension : V en volt [V]

Courant : I en ampère [A]

Densité de charge d'espace ρ [C/m³]

densité de courant: J [A/m²]

Induction magnétique : B en tesla [T]

Champ magnétique : H en ampère par mètre [A/m] ($B = \mu_0 \mu_r H$)

μ_r : Perméabilité magnétique relative du milieu

$\mu_r = 1$ dans l'air ; $\mu_r = 1000$ dans le fer

$\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ [H/m] (**henrys** par **mètre**), Perméabilité magnétique du vide

Champ électrique : E en Volt / mètre [V/m]

Pour couvrir de grandes étendues de valeurs, on utilise les décibels $20 \log (V / V_{ref})$

Pour une tension : $20 \log (V)$ dBV 0 dB \Leftrightarrow 1 V

$20 \log (V/10^{-6})$ dB μ V 0 dB \Leftrightarrow 1 μ V

Pour un champ : $20 \log (E)$ dB V/m 0 dB \Leftrightarrow 1 V/m

$20 \log (E/10^{-3})$ dBmV/m 0 dB \Leftrightarrow 1 mV/m