

# Sommaire

du

## Chapitre II

### *Généralités sur la cem*

II.1	PREAMBULE .....	1
II.2	DIRECTIVES ET NORMES DE LA COMMUNAUTE EUROPEENNE.....	1
II.3	LE MARQUAGE CE.....	1
II.4	LES PERTURBATIONS ELECTROMAGNETIQUES.....	2
II.5	METHODE DE RESOLUTION DES PROBLEMES CEM .....	5
II.6	MODE DIFFERENTIEL ET MODE COMMUN .....	6



## **II** *Généralités sur la cem*

### **II.1 Préambule**

Ce chapitre n'apporte rien de nouveau sur la CEM puisqu'il expose uniquement les principes fondamentaux diffusés depuis longtemps dans de nombreux ouvrages. Cependant, j'ai pensé qu'ils étaient indispensables pour la compréhension de nos travaux.

### **II.2 Directives et normes de la communauté européenne**

En se regroupant au sein d'une communauté, les pays participants européens ont établi de nombreuses règles sur le commerce pour se protéger du reste du monde mais également pour régir les échanges commerciaux internes au groupe.

De façon typique, ces règles sont rassemblées pour constituer des directives. On peut par exemples citer les directives :

- jouet,
- machine (transport matière, outil de production, ...)
- automobile,
- dispositifs médicaux,
- CEM,
- basse tension, ...

Ensuite, des comités techniques tels que le Comité Européen de Normalisation en Electrotechnique (CENELEC), la Commission Electrotechnique Internationale (CEI), le Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (CISPR), établissent la réglementation sous forme de publications référencées. Puis, chaque pays doit rédiger ses propres conventions sous forme de décrets, lois ou normes qui sont fortement inspirés des articles des comités techniques.

Dorénavant, tout produit commercialisé en Europe doit répondre à ces directives et donc avoir le label "Conformité Européenne" (ou Certified Europe) et l'indiquer en affichant l'estampillage CE.

### **II.3 Le marquage CE**

Les principaux objectifs sont :

- \* de rapprocher les législations des pays participants,

- d'améliorer les échanges au sein de la CEE,
- d'assurer aux appareils sensibles une protection,
- de protéger les réseaux (EDF, télécom) et les appareils qui y sont connectés.

Les avantages sont :

- les produits font l'objet d'une mise en conformité,
- la concurrence se fait avec les mêmes règles du jeu,
- les clients bénéficient d'une qualité accrue,
- Les produits sont comparables dans la CEE.

Les travaux du LMP sont particulièrement concernés par les directives CEM et basse tension.

#### **II.4 Les Perturbations électromagnétiques**

La préoccupation des perturbations électromagnétiques a pris une ampleur sans précédent depuis que les normes obligent les industriels à "homologuer" leur produit. Toutefois ces perturbations ne sont pas récentes car elles puisent leurs origines dans les phénomènes naturels. On peut par exemple citer :

des phénomènes continus générés par la terre,

- le champ magnétique continu de l'ordre de 50  $\mu\text{T}$  (en France) et le champ électrostatique de l'ordre de 100 à 200V/m,

et des phénomènes ponctuels,

- la foudre, les Impulsions ElectroMagnétiques Nucléaires (IEMN), ...

Les champs continus ne sont pas gênants pour les circuits électroniques, mais les perturbations ponctuelles sont souvent très intenses et peuvent être fatales à l'électronique (exemple, les rayons cosmiques et en particulier solaires).

A cela il faut ajouter toute l'activité électrique issue des systèmes conçus et mis en service par l'homme comme on le verra plus tard (télécommunications, radars, télévision, ...).

Les perturbations électromagnétiques sont gênantes, pour la sécurité des personnes, et aussi depuis que notre civilisation jouit de la radio et de la téléphonie. Elles concernent un circuit électrique ou électronique dont le fonctionnement est affecté par un autre circuit ou par un phénomène électrique extérieur à l'application.

Elles peuvent être générées par des phénomènes transitoires ou à une fréquence quelconque (de la BF à la HF).

En pratique les problèmes sont traités grâce au concept source/victime (Figure II-1). En effet, il existe un signal perturbateur émis par une source, qui par couplage avec la victime crée une interférence électromagnétique, laquelle se traduit par une perturbation électromagnétique. Ceci peut être bénin quand il s'agit d'une mauvaise écoute ou d'une image vidéo "enneigée" mais peut devenir dramatique quand il s'agit d'un radar, d'un système de communication, etc.



Sources	Chemins ou couplages	Victimes
Foudre	Impédance commune	Récepteurs (TV et radio)
ESD	Diaphonie inductive	Ordinateurs
Conduction	Diaphonie capacitive	Circuits analogiques
Rayonnement	Carte à châssis	Circuits numériques
Etc.	Etc.	Etc.

Figure II-1 : Principaux chemins de propagation possibles des interférences électromagnétiques.

Depuis les premières liaisons radio ou téléphoniques, le contexte électromagnétique dû à l'homme a bien changé. La Figure II-2 montre un environnement contemporain constitué de systèmes fonctionnant avec des faisceaux hertziens et d'autres reliés à des réseaux d'alimentation voire de communication.



Figure II-2 : Environnement électromagnétique contemporain.

Les radars, les satellites, les réseaux vidéo utilisent des Ondes ElectroMagnétiques (OEM) avec des porteuses de fréquence différente. Par conséquent, le signal utile de l'un devient perturbateur pour l'autre. De même, toutes ces ondes induisent des courants sur tous les conducteurs qu'elles illuminent.

Ainsi, trois catégories distinctes peuvent être identifiées parmi les sources de perturbation qui découlent de l'activité humaine :

- les sources de rayonnement électromagnétique direct créé par les systèmes, tels que les émetteurs radio et télévision, les radars, les téléphones mobiles, etc.,

- les sources de perturbations indirectes, issues de l'électricité telles que les lignes de transport d'énergie, les moteurs électriques, les alimentations à découpage, l'éclairage fluorescent, etc.,
- les Décharges ElectroStatiques (ESD de l'anglais ElectroStatic Discharge) qui concernent les objets en mouvement et le corps humain.

Aussi les appareils peuvent être perturbés par des interférences qui se propagent grâce aux câbles d'alimentation ou à la propagation hertzienne et, malgré toute cette pollution d'OEM, les systèmes doivent avoir un fonctionnement correct. Lorsque les perturbations transitent par les câbles, on parle de "CEM conduite". Lorsqu'elles choisissent les airs on parle de "CEM rayonnée". Si le système est une source on étudiera son "émission", si c'est une victime on étudiera sa "susceptibilité" ou son "immunité".

## **II.5 Méthode de résolution des problèmes CEM**

Les équipements sources sont caractérisés par leur amplitude, leur forme d'onde et leur impédance de source. Les équipements victimes sont caractérisés par leur sensibilité, leur bande passante et leur impédance d'entrée.

Pour diminuer le pouvoir perturbateur des interférences, il faut donc en théorie :

- diminuer l'émission de la source,
- augmenter l'atténuation des chemins de couplage,
- augmenter l'immunité de la victime.

Malheureusement la source n'est pas toujours modifiable (Foudre, ...), il faut alors agir sur les chemins de couplage et sur la victime.

Pour faire ce travail, nous pouvons nous adosser sur des normes, qui généralement prennent en compte suffisamment de cas pour nous assurer un fonctionnement correct si on respecte les niveaux requis. En effet, les normes sont prévues pour que chaque appareil :

- perturbe le moins possible son environnement (émission),
- puisse fonctionner correctement dans un environnement pollué (immunité).

Bien sûr, les niveaux fixés dépendent de l'endroit où les systèmes vont devoir travailler. A ce titre les normes prévoient trois classes :

- classe A, pour les produits destinés à être utilisés en milieu industriel ou commercial,
- classe B, pour les produits résidentiels et d'industrie légère,
- classe C, pour les instruments de tests.

Quatre bandes subdivisent la gamme de fréquence des normes d'émission qui s'étale de 9kHz à 1GHz, soit :

- bande A, pour les fréquences de 9kHz à 150kHz,
- bande B, pour les fréquences de 150kHz à 30MHz,
- bande C, pour les fréquences de 30MHz à 300MHz,
- bande D, pour les fréquences de 300MHz à 1GHz.

A titre d'exemple, le *Tableau II-1* indique quelques normes d'émission conduite avec leur domaine d'application et leur gamme de fréquence.

Référence européenne	Domaine d'application	Référence internationale	Bande
EN 55011	Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbations radioélectriques des appareils Industriels, Scientifiques et Médicaux (ISM) à fréquence radioélectrique.	CISPR 11	Bande B
EN 55013	Limites et méthodes de mesures des caractéristiques de perturbations électromagnétiques des récepteurs de radiodiffusion et des appareils associés.	CISPR 13	Bande A et Bande B
EN 55014	Limites et méthodes de mesure des perturbations électromagnétiques des appareils électro-domestiques et des outils portatifs, relatives aux fréquences radioélectriques.	CISPR 14	Bande B
EN 55015	Limites et méthodes de mesure des perturbations électromagnétiques des lampes à fluorescence et des luminaires, relatives aux fréquences radioélectriques.	CISPR 15	Bande A et Bande B
EN 55022	Limites et méthodes de mesure des caractéristiques de perturbations radioélectriques produites par les appareils de traitement de l'information.	CISPR 22	Bande B

*Tableau II-1 : Principales normes d'émission utilisées au LMP*

## II.6 Mode différentiel et mode commun

L'étude des perturbations conduites implique forcément que l'on ait au moins deux systèmes ou sous systèmes reliés par des fils ou pistes (alimentations, commande, etc...). Pour modéliser ces ensembles, il est admis que l'on utilise deux "boîtes", représentant respectivement l'impédance de sortie et l'impédance d'entrée des systèmes, reliées par des fils, le tout référencé à un potentiel du genre masse, terre, ...

Les signaux parasites, qui peuvent être directs ou issus d'un rayonnement, vont pouvoir transiter sur les câbles d'alimentation ou de commande. Selon leur sens de propagation, on définit alors deux modes : le mode différentiel ou le mode commun.

Le mode différentiel (Figure II-3) concerne les courants qui se propagent en sens inverse sur une paire bifilaire par exemple. Typiquement le courant consommé par une application est de mode différentiel.

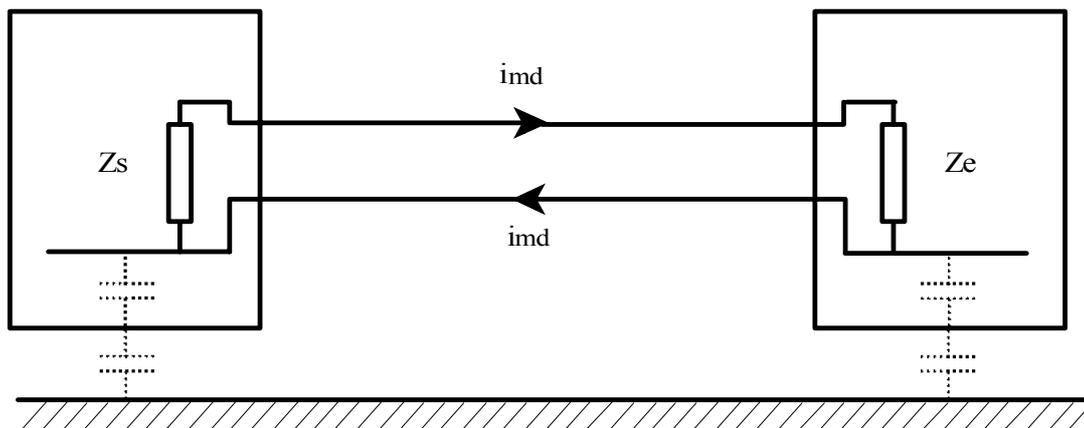


Figure II-3 : Les courants se propagent en mode différentiel. Les liaisons application/boîtier et boîtier/plan de référence sont "matérialisées" par leur capacité parasite, ici en pointillés.

Le mode commun concerne les courants qui se propagent dans le même sens sur une paire bifilaire et qui reviennent par l'isopotential de référence via les capacités parasites.

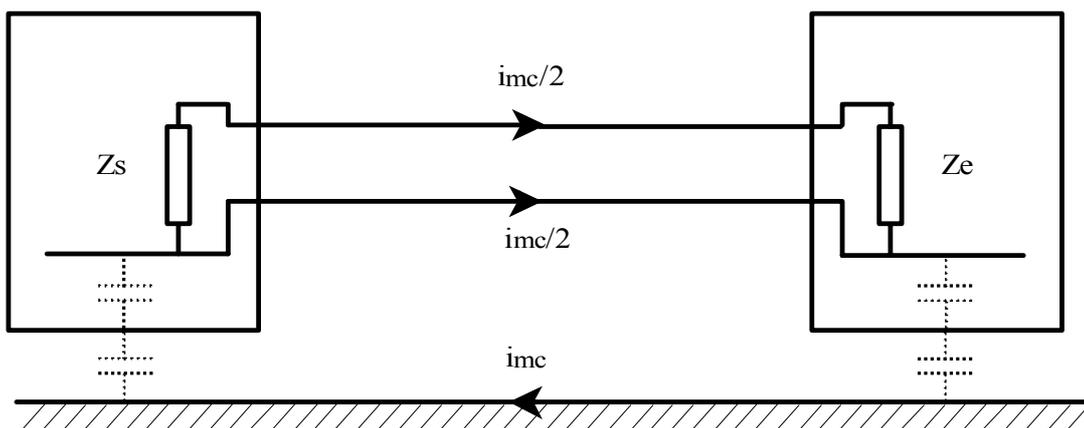


Figure II-4 : Les courants se propagent en mode commun. Les liaisons application/boîtier et boîtier/plan de référence sont "matérialisées" par leur capacité parasite, ici en pointillés.

La plupart du temps ces deux modes coexistent, ce qui déséquilibre les courants sur les fils victimes.

Si des courants se propagent, c'est qu'ils se sont préalablement couplés avec le système victime. Pour ce faire ils ont plusieurs possibilités :

- couplage par liaison directe,
- couplage par impédance commune,
- couplage par "carte à châssis",
- couplage par diaphonie inductive ou capacitive,
- couplage par champ à fil,
- couplage par champ à boucle.

Ces couplages étant disponibles dans de nombreux ouvrages [1] [2] [3] [4] ..., ne sont pas détaillés ici.

Nous venons de voir que la CEM est divisée en deux parties :

- \* les perturbations émises,
- \* l'immunité aux perturbations,

Et que dans chaque cas, on distingue :

- \* les perturbations rayonnées,
- \* les perturbations conduites.

Les résultats de notre équipe sont exposés dans les chapitres suivants.

- [1] COSTA F. "*Compatibilité électromagnétique dans les convertisseurs statiques haute fréquence*", HDR de l'Université Paris XI, janvier 98.
- [2] CHAROY A. "*Parasites et perturbations électromagnétiques. Sources, couplages, effets*" Tome 1, Edition Radio, Dunod tech, 1992.
- [3] CERGE, "*Comptabilité électromagnétique*", document interne, Académie de Paris, Créteil, Versailles.
- [4] MARDIGUIAN M., "*Manuel pratique de la compatibilité électromagnétique*". 2<sup>ème</sup> édition revue et augmentée. Avril 2003. Edition Hermes.