

III.1. Introduction

Le principe de la compatibilité électromagnétique (CEM) consiste à permettre le fonctionnement correct et optimal de tout dispositif électrique en présence d'autres, chacun étant en fonctionnement nominal. De cette définition découlent trois pôles d'intérêt : l'étude des sources de perturbations, l'étude des couplages et, enfin, l'étude de l'impact des perturbations sur une « victime ». Les études CEM ont pour but d'améliorer la cohabitation entre les éléments susceptibles d'émettre des perturbations électromagnétiques et/ou d'y être sensibles. Ainsi nous allons dans un premier temps définir ce qu'est exactement la CEM avec des exemples concrets. Ensuite nous verrons leurs aspects fondamentaux et l'origine des perturbations. Enfin nous présenterons les activités liées à la compatibilité électromagnétique.

Actuellement ce domaine est particulièrement important car les dispositifs électriques et électroniques sont de plus en plus nombreux, complexes et stratégiques (électronique de bord d'un avion par exemple) donc vulnérables à la pollution électromagnétique avec des conséquences très importantes [7].

III.2. Définition de la Compatibilité Electromagnétique CEM

La Compatibilité Electromagnétique CEM (ou EMC electromagnetic compatibility en appellation anglaise) Est une discipline scientifique et technique qui trouve des solutions aux problèmes de cohabitations électromagnétiques entre systèmes E/E industriels entre eux et leur environnement. La compatibilité électromagnétique prend ainsi un triple aspect :

- Tout appareil fonctionne de façon satisfaisante dans son environnement électromagnétique. Cela signifie que chaque appareil résiste aux agressions que constituent les perturbations provenant du milieu, et donc qu'il est immunisé contre celles-ci : son niveau d'immunité est suffisamment élevé.
- aucun appareil ne doit produire lui-même de perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans son environnement. On comprend que son niveau d'émission de perturbations pour ledit environnement doit être suffisamment bas pour que tout ce qui figure dans cet environnement lui soit insensible.
- Ne pas interférer avec lui-même (auto-compatibilité).

La définition de la **CEM** met donc en lumière les trois notions fondamentales Figure (III.1) :

- Le niveau d'émission, caractérisant quantitativement la production de perturbations par l'appareil ;

- Le niveau d'immunité, caractérisant la résistance de l'appareil aux agressions que constituent les perturbations en provenance de son environnement ;
- L'environnement électromagnétique [7].

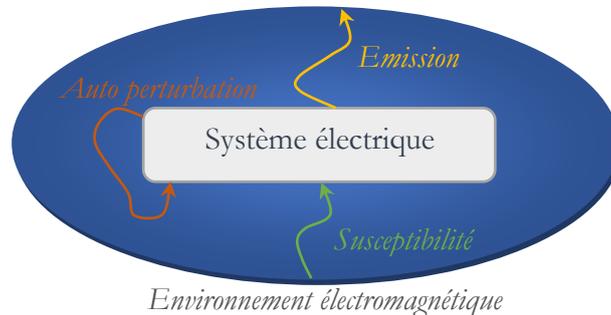


Fig. III.1 : structure de perturbations EM et une victime [7].

III.3. Exemples de problèmes CEM

- 1- L'usage du téléphone portable peut nuire au bon fonctionnement de certains appareils, c'est pourquoi il est strictement interdit (en Europe par exemple) dans les hôpitaux, les stations-service et les avions.
- 2- Une automobile moderne contient plus d'un kilomètre de fils électriques, elle se comporte donc comme une antenne qui émet et capte des ondes électromagnétiques. Le phénomène s'est amplifié avec l'augmentation vertigineuse du nombre de composants électroniques embarqués et le multiplexage [7].

III.4. L'objectif de la compatibilité électromagnétique (CEM)

Est d'étudier les problèmes de cohabitation électromagnétique, sa vocation est :

- D'étudier les transferts d'énergie non intentionnels entre systèmes électriques et/ou électroniques ;
- De mettre au point des procédés permettant de limiter les perturbations électromagnétiques émises et ainsi de satisfaire à la réglementation en vigueur ;
- De mettre au point des procédés permettant d'accroître l'immunité des systèmes aux parasites dans des limites faisant également l'objet de réglementations

III.5. Préoccuper de la CEM

L'utilisation d'équipements électroniques se multiplie dans tous les domaines d'activités, qu'ils soient grands publics, industriels ou militaire [7].

Les technologies employées dans la conception et le développement des matériels électroniques reposent sur les trois paramètres suivants :

- la rapidité de commutation (vitesse des microprocesseurs),
- les faibles énergies mises en œuvre pour basculer d'un état à un autre,
- le haut niveau d'intégration des composants.

III.6. Niveaux de compatibilité

La relation fondamentale qui existe entre niveau de perturbation et niveau d'immunité. Dans le même esprit, on définit conventionnellement un niveau de compatibilité comme la valeur maximale spécifiée du niveau de perturbation susceptible d'être appliqué à un appareil, équipement ou système opérant dans des conditions données.

Le niveau de perturbation est sujet à distribution statistique. Dans la pratique, il est très difficile, voire impossible, de déterminer le niveau réel le plus élevé de perturbation, qui apparaît très rarement. De même, il ne serait généralement pas économique de définir le niveau de compatibilité pour cette valeur la plus élevée à laquelle la majorité des dispositifs ne seraient pas exposés la plupart du temps [7].

III.6.1. Immunité

Le sigle Susceptibilité Electromagnétique (E.M.S) caractérise l'immunité au rayonnement électromagnétique, donc tout appareil doit fonctionner de façon satisfaisante dans son environnement électromagnétique. Cela signifie que chaque appareil résiste aux agressions que constituent les perturbations provenant du milieu, et donc qu'il est immunisé contre celles-ci : son niveau d'immunité est suffisamment élevé. Lorsque le niveau de perturbation dépasse le niveau d'immunité il y a alors dysfonctionnement, on a atteint le seuil de susceptibilité de l'équipement.

On peut définir la susceptibilité électromagnétique, comme un manque d'immunité. La relation entre perturbation, compatibilité, immunité (essais), niveaux de susceptibilité (en prenant en compte la distribution de deux de ces valeurs) [7].

III.6.2. Emission

Le sigle Interférence électromagnétique (E.M.I) caractérise les émissions parasites produites par un appareil électrique ou électronique qui risquent, en fonction de leur intensité, de perturber d'autres équipements. Cela signifie qu'aucun appareil ne doit produire lui-même de perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans son environnement.

Pour assurer la CEM, différents niveaux et différentes marges ont été définis Figure (III.2) Niveau de perturbation [7].

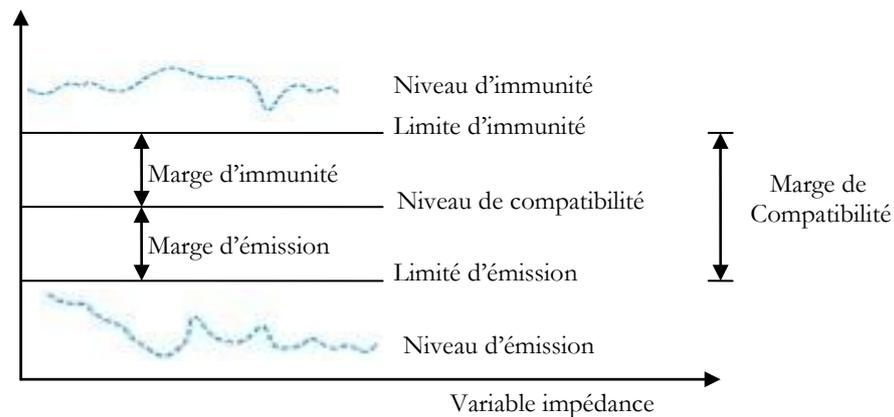


Fig. III.2 : Niveaux de perturbation en CEM [7]

- **Niveau d'immunité** : Il s'agit du niveau à partir duquel il y a dysfonctionnement d'un matériel ou d'un système.
- **Niveau de compatibilité** : c'est le niveau maximal de perturbation auquel on peut s'attendre dans un environnement donné.
- **Niveau d'émission** : c'est le niveau maximal d'émission de perturbation que ne doit pas dépasser un matériel.
- **Marge d'immunité** : c'est la marge qui existe entre le niveau de compatibilité et le niveau de limite d'immunité.
- **Marge d'émission** : c'est la marge qui existe entre le niveau de compatibilité et le niveau de limite d'émission.

Le niveau de compatibilité ne doit pas être considéré comme un niveau de perturbation défini, mais comme une valeur de référence conventionnelle, sur laquelle on se basera pour la coordination entre le niveau de perturbation et le niveau d'immunité (essais) [7].

III.7. Sources des perturbations électromagnétiques

Un certain nombre de bruits et de perturbations prennent leur origine dans des sources naturelles (foudre, décharge électrostatique (ESD), activité solaire, source cosmique, etc...) ; cependant, la majorité des sources est d'origine humaine. Elles sont appelées également bruit industriel, Figure (III.3), résultant du fonctionnement des équipements construits.

Plutôt que de les classer en fonction de leur origine, il convient d'examiner leur comportement temporel et fréquentiel. De là, en effet, découlent les méthodes de mesures d'émissions et les caractéristiques des générateurs d'essai d'immunité. On citer, quatre sources importantes :

- Sources permanentes et sources intermittentes,
- Sources large bande et bande étroite,
- Sources intentionnelles et non intentionnelles,
- Sources impulsionnelles,

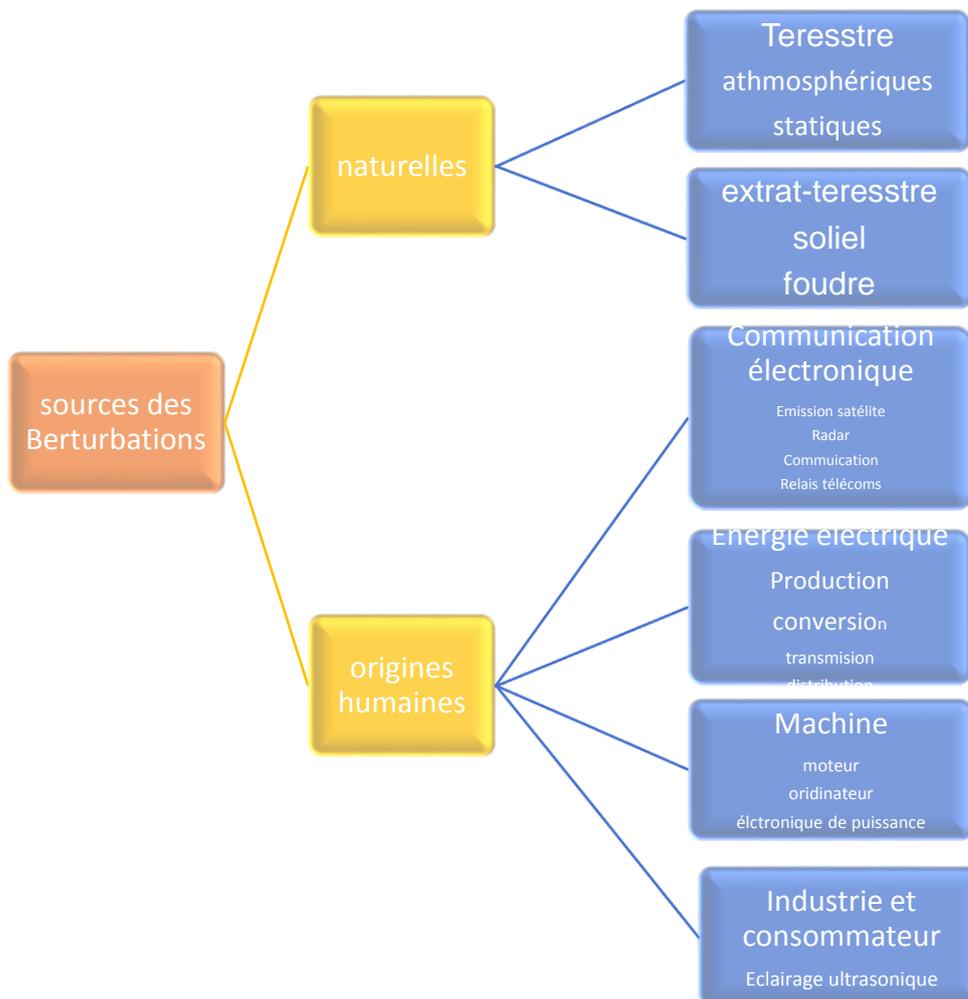


Fig. III.3 : Sources des perturbations électromagnétiques [7]

III.7.1. Sources permanentes et sources intermittentes

Par définition, une source permanente émet des perturbations aussi longtemps que l'appareil contenant cette source est en fonction. Par opposition une source intermittente n'émet de perturbations que aléatoirement donc d'une manière imprévisible. Un exemple typique de sources permanentes est l'horloge d'un système numérique.

Tant que le système est enclenché, le niveau d'émission peut cependant varier en fonction du contenu des données traitées dans l'appareil. Une analyse statistique du niveau d'émission reste donc indispensable : mesure du niveau moyen et du niveau quasi crête. La foudre et les décharges électrostatiques sont des exemples de sources intermittentes [7].

III.7.2. Sources large bande et bande étroite

Une source est à bande étroite, si sa largeur est plus petite qu'une bande de référence (celle du récepteur : instrument de mesure ou victime). Toute l'énergie émise est alors reçue par le récepteur et définit le niveau des perturbations. Celui-ci ne change donc pas si l'on change la bande passante du récepteur. On peut alors se contenter de spécifier le niveau de champ électrique (V/m) correspondant à la fréquence considérée.

Une source est qualifiée de large bande, si sa largeur de bande est plus grande qu'une bande de référence. Dans ce cas, le niveau mesuré et le niveau des perturbations sont dépendants de la largeur de bande du récepteur. On doit donc spécifier le niveau relatif à la bande passante : V/m/MHz [7].

III.7.3. Sources intentionnelles (d'origine humaine) et non intentionnelles (involontaire)

Ce classement permet de distinguer les sources de perturbations d'origine volontaire de celles qui sont imprévues. Tout appareil qui a pour objectif l'émission d'ondes électromagnétiques (radiocommunication, radar, etc...) est une source intentionnelle. Dans la plupart des cas, ces sources sont de type harmonique Figure (III.4).

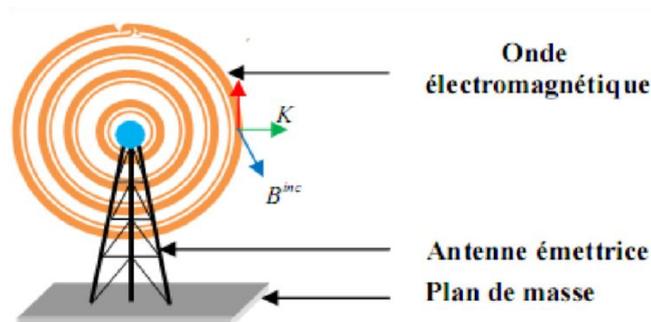


Fig. III.4 : Présentation d'une source intentionnelle [7]

Les sources non intentionnelles sont créées par des appareils qui ne sont pas destinés à l'émission radiofréquence Figure (III.5). Dans la plupart des cas, ces sources sont de type transitoire. Elles peuvent être illustrées par des impulsions unipolaires comme la foudre, caractérisées par leur temps de montée et par la durée d'impulsion, ou par des oscillations amorties, caractérisées par une période d'oscillation et par un d'amortissement comme les grandeurs électriques dans les convertisseurs statiques [7].

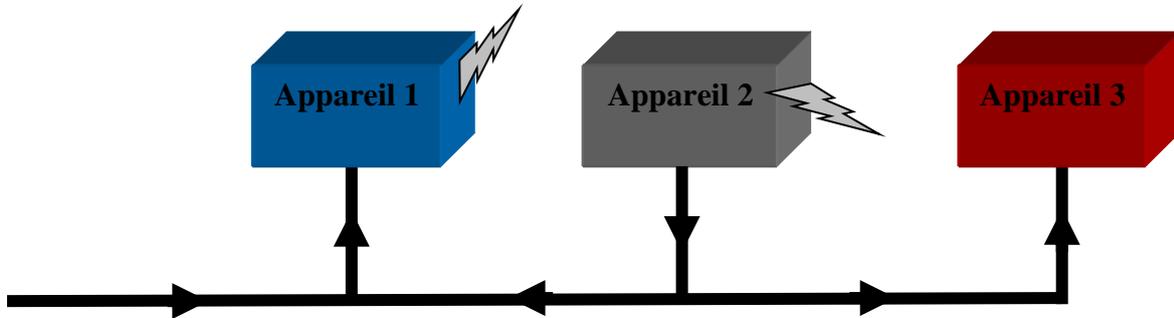


Fig. III.5 : Présentation d'une source non intentionnelle [7]

III.7.4. Sources impulsionnelles

La grande majorité des sources non-intentionnelles sont des sources transitoires, soit sous forme d'impulsion unipolaire, soit sous la forme d'une oscillation amortie (qui sont en fait la réponse d'une partie du système à une très courte impulsion unipolaire, assimilable à une impulsion de Dirac). On les caractérise par leur temps de montée (temps nécessaire pour passer de 10% à 90% de l'amplitude crête, et par la durée de l'impulsion unipolaire (à 50% de l'amplitude), ou par la période de l'oscillation amortie et son taux d'amortissement. L'oscillation amortie étant déjà la réponse à une impulsion unipolaire [7].

III.8. Mécanisme de transmission des perturbations

Les perturbations peuvent se propager de deux manières : soit en conduction, soit en rayonnement. Dans le premier cas les perturbations interviennent soit en mode commun (MC) soit en mode différentiel (MD). Dans le second cas les perturbations sont rayonnées sous forme de champ électrique et de champ magnétique. Ces quatre groupes sont illustrés à figure (III.6) [7], [8].

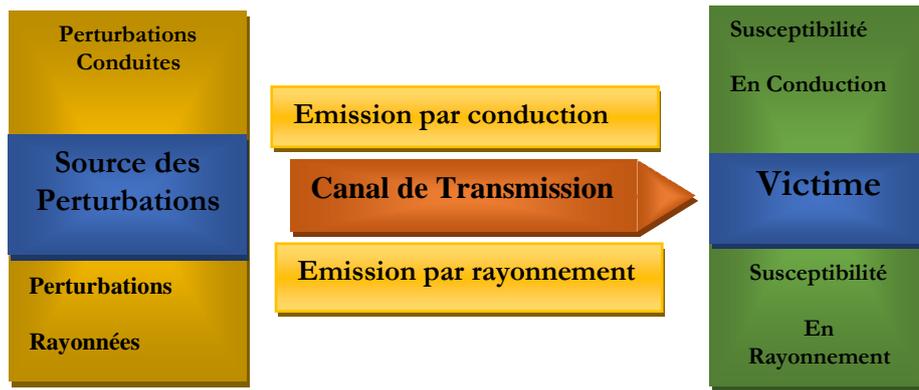


Fig. III.6 : Couplage entre une source de perturbations EM et une victime [8]

- Les perturbations conduites utilisent comme vecteur les matériaux conducteurs.
- Les perturbations rayonnées sont transmises par une onde électromagnétique et utilisent comme support les milieux diélectriques.

Un signal électrique utile ou parasite conduit par une liaison n’a que deux façons de se propager : soit en mode différentiel ou en mode commun.

III.8.1. Mode différentiel

Les signaux utiles sont généralement transmis en mode différentiel (noté MD), appelé aussi mode série, mode normal ou mode symétrique [9].

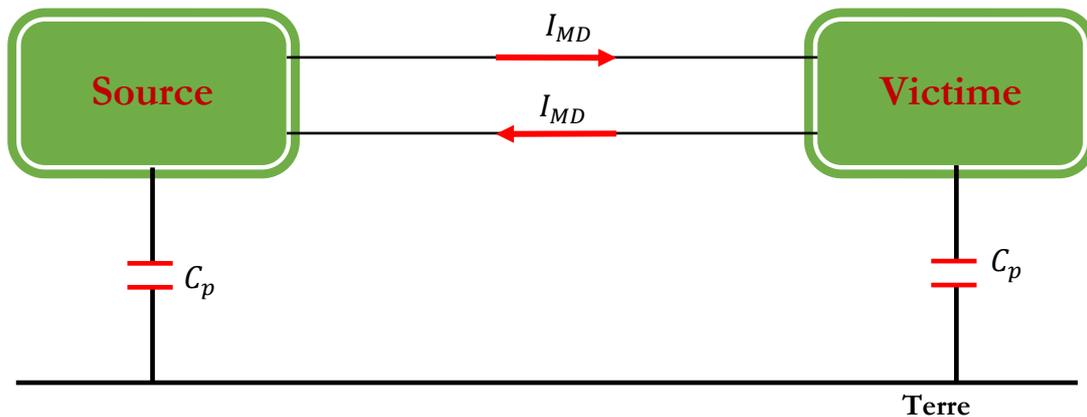


Fig. III.7 : Couplage en mode différentiel [7]

Comme montre la figure (III.7), la tension de mode différentiel est mesurée entre les deux fils, elle peut être mesurée avec une sonde différentielle. L’étage d’entrée des systèmes électroniques comporte souvent un amplificateur différentiel.

Le courant de mode différentiel (I_{MD}) se boucle sur les 2 fils de liaison, il circule en sens opposé sur chacun des deux fils. Ce courant peut être mesuré au moyen d'une sonde de courant parcourue par les 2 fils en sens opposé Figure (III.8).

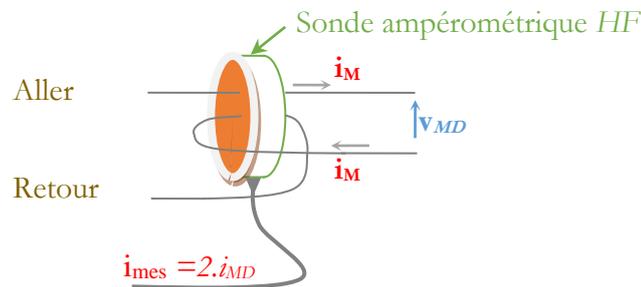


Fig. III.8 : Mesure du courant de mode différentiel [10]

Les perturbations électromagnétiques sur les câbles ne se couplent que de façon très faible directement en mode différentiel. Quand les conducteurs aller et retour sont proches et raisonnablement loin des sources de perturbations, on peut négliger les perturbations induites en MD. En pratique, c'est la conversion du mode commun en mode différentiel par la dissymétrie des entrées qui pose plus de problème.

Puisque les perturbations électromagnétiques de MD sont négligeables pour un équipement raisonnablement câblé, donc où se trouve le problème en CEM ? La réponse est presque toujours : dans le mode commun [7], [10].

III.8.2. Mode commun

Le mode commun est très peu utilisé pour les signaux utiles, il correspond souvent à un mode parasite. Il est aussi appelé mode parallèle, mode longitudinal ou mode asymétrique Figure(III.9) [9].

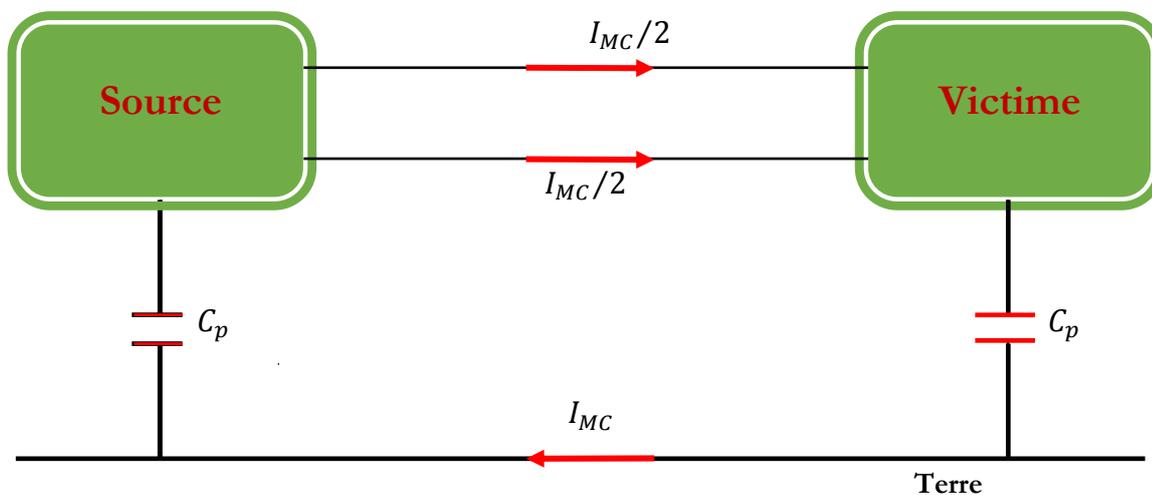


Fig. III.9 : Couplage en mode commun (MC) [10]

Les tensions de mode commun se développent entre les fils de liaisons et la référence de potentiel : masses des appareils, fil de protection équipotentielle PE.

La tension de mode commun est définie comme étant égale à la valeur moyenne de la d.d.p. entre les différents fils et la masse. Le courant de mode commun est égal au courant qui s'écoule à la masse, ce courant se partage entre les différents fils de liaison, dans le même sens sur chacun des fils. Il peut être mesuré par une sonde de courant parcourue par les 2 fils dans le même sens Figure (III.10) [7], [10].

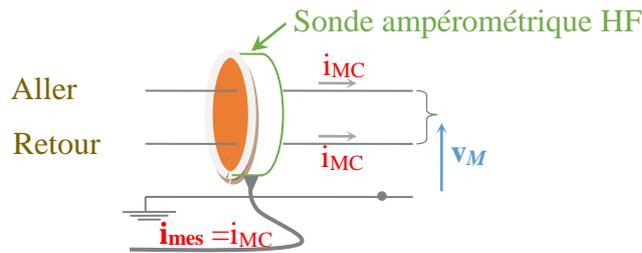


Fig. III.10 : Mesure du courant de mode commun [10]

III.8.3. Conversation du mode commun en mode différentiel

Le modèle des deux boîtes représenté sur figure (III.11) regroupe les 2 modes : commun et différentiel sur un seul schéma représentant une liaison bifilaire entre un émetteur (Z_1) et un récepteur (Z_2).

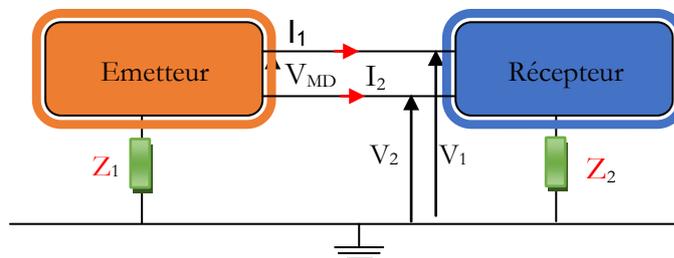


Fig. III.11 : Modèle des deux boîtes [7].

La tension $V_{MD} \neq 0$ Si $Z_1 \neq Z_2$ ou si $V_1 \neq V_2$

Les relations entre les courants et les tensions du modèle des deux boîtes sont exprimées par les équations suivantes [7] :

$$V_{MC} = \frac{V_1 + V_2}{2} \tag{III.1}$$

$$V_{MD} = V_1 - V_2 \tag{III.2}$$

$$I_{MD} = I_1 + I_2 \tag{III.3}$$

$$I_{MC} = \frac{I_1 - I_2}{2} \tag{III.4}$$

III.9. Normalisation CEM

Les exigences sur la limite des perturbations provoquées par un équipement électrique sont représentées par les normes CEM. Ces normes sont, au plan international, formulées par le Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (**CISPR**).

Ces normes peuvent se scinder en deux groupes. Le premier définit les niveaux tolérés d'émission conduite ou rayonnée, le deuxième groupe traite la susceptibilité électromagnétique d'un équipement.

Les objectifs d'une norme CEM sont, d'une part, définir des limites maximales de perturbations rayonnées et conduites et d'autre part définir les niveaux d'immunité en conduit ou en rayonné des équipements et, enfin, décrire les méthodes et les moyens nécessaires à la vérification des niveaux d'immunité et d'émission pour reproduire des mesures fiables (mesure en espace libre, en chambre anéchoïque, support des appareils, ...) [8].

Une fois la conception bien menée, il faut vérifier la qualité des produits finis. Pour ce faire, depuis 1992, tous les appareils doivent être conçus en conformité par rapport à diverses normes fixant les niveaux limites de perturbation pouvant être générées, ainsi que les niveaux minimum de perturbation extérieure devant être supportées sans dysfonctionnement. Depuis le 1er janvier 1996, l'ensemble de toutes les normes concernant la CEM est harmonisé au niveau européen, pour circuler librement dans la CEE, tout appareil doit porter l'estampille " CE " (Certified Europ), garantissant la mise en conformité. Cette marque est opposable aux produits qui satisfont aux exigences des normes du pays de certification, celles-ci reprennent les spécifications des normes publiées au journal officiel de la communauté Européenne.

III.10. Organismes chargés de l'élaboration des normes CEM

Au niveau international, la normalisation est du ressort du CEI (Commission Electrotechnique International), qui a fait des publications référencées CE1 555, CE1 801, désormais, tous les textes concernant la CEM font partie de la publication 1000. Un organisme lui est rattaché : le CISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques), chargé auparavant de la protection de la réception radioélectrique, et dorénavant, de l'immunité des ATI (appareils de traitement de l'information). En Europe, le CENELEC (Comité Européen de Normalisation en Electrotechnique) 1391, et plus spécialement son comité technique T 110, est chargé d'élaborer la directive de normalisation donnant les références des normes harmonisées entre les pays de la CEE. Chaque état membre s'engage à transposer en normes nationales, les normes qui sont retenues par le CENELEC, et dont les références sont publiées au journal officiel de la communauté. Ainsi, la description d'une norme fait généralement à d'autres références (normes antérieures), par exemple :

EN 5501 1 : norme Européenne

NF EN 55011 : norme Française identique à l'europpéenne

CISPR I 1 : norme internationale ayant servi à l'élaboration des précédentes.

Les normes à utiliser au premier janvier 96 sont référencées NF EN. Pour les normes civiles françaises, nous pouvons citer celles concernant la plupart des appareillages électriques :

NF EN 55011 : Appareillage à usage Industriel, Scientifique ou Médical (ISM)

NF EN 55014 : Appareillage électrodomestique, outils portatifs et similaires

NF EN 55022 : Appareillage de Traitement de l'Information (ATI).

NF DO-160D : Cette norme aéronautique vise à quantifier un bruit électromagnétique.

Les autres types de normes existantes sont les normes référencées FCC ... (Américaines), MIL STD. (Militaires américaines) et enfin GAM EG 13 fascicule 61, 62 et 63 en normes militaires françaises.

III.10.1. Normes basses fréquences

Ces normes font référence aux limites des émissions harmoniques BF dans le réseau électrique pour diverses catégories d'appareils. Donc les appareils électriques doivent respecter les limites en amplitudes des harmoniques bien déterminées. Il existe, par exemple, la norme EN 61000-3-2 relative aux les matériels consommant moins de 16 A par phase, la norme EN 61000-3-4 destinée aux matériels consommant plus de 16 A par phase, la norme IEEE 519-1992 et la norme CE61000-2-3 [9].

Les équipements électriques sont classés par catégories en quatre classes (A, B, C et D) :

- la classe A inclut les équipements triphasés équilibrés, les appareils électroménagers et les équipements audio. Les limites de cette classe sont présentées dans le tableau (III.1).
- la classe B inclut les outils portatifs et les équipements non professionnels de soudure à arc électrique. Les limites de cette classe sont celles montrées dans le tableau (III.1), multipliées par un facteur de 1,5.
- la classe C inclut les équipements d'éclairage pour une puissance d'entrée active supérieure à 25W, les équipements d'éclairage à décharge ayant une puissance active d'entrée inférieure

ou égale à 25W. Les harmoniques du courant doivent respecter les limites présentées dans le tableau (III.2).

- la classe D inclut les équipements ayant une puissance active d'entrée inférieure ou égale à 600W (ordinateurs individuels, moniteurs d'ordinateur individuel et récepteurs de télévision). Les harmoniques du courant doivent respecter les limites présentées dans le tableau (III.3).

Tableau III.1 : Limites pour Classe A dans la norme CEI 1000-3-2 [8].

Rang des Harmoniques N	Maxima des harmoniques du courant permis dans la classe A
Harmoniques impaires	
3	2.30
5	1.14
7	0.77
9	0.40
11	0.33
13	0.21
$15 \leq n \leq 39$	$0.15 \cdot \frac{15}{n}$
Harmoniques paires	
2	1.08
4	0.43
6	0.30
$8 \leq n \leq 40$	$0.23 \cdot \frac{8}{n}$

Tableau III.2 : Limites pour Classe C dans la norme CEI 1000-3-2 [8]

Rang des Harmoniques N	Maxima des harmoniques du courant permis, exprimé en pourcentage, par rapport à la fondamentale du courant d'entrée.
2	2
3	$30.PF^*$
5	10
7	7
9	5
$11 \leq n \leq 39$	3
(Harmoniques impaires seulement)	
PF* facteur de puissance	

Tableau III.3 : Limites pour les appareils de Class D dans la norme CEI 1000-3-2 [8].

Rang des Harmoniques N	Maxima des harmoniques du courant permis en watt mA/w	Maxima des harmoniques du courant permis en A
3	3.4	2.30
5	1.9	1.14
7	1.0	0.77
9	0.5	0.40
11	0.35	0.33
$13 \leq n \leq 39$	$\frac{3.85}{n}$	Comme dans la classe A

La figure (III.12) montre les limites des harmoniques de courant imposées par la norme CEI 61000-3-2 Classe A [9].

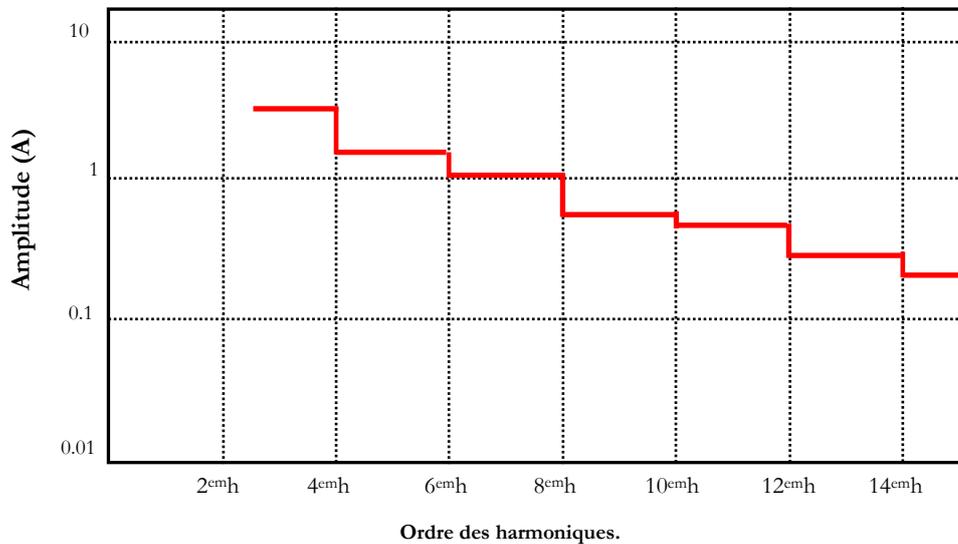


Fig. III.12 : Limites des harmoniques du courant de ligne exigées par la norme CEI [8]

Notons enfin que les normes CEI 1000-3-2 et IEEE 519 fixent les limites pour les amplitudes des harmoniques du courant de ligne mais ne spécifient pas les limites de facteur de distorsion *THD* [9].

III.10.2. Normes hautes fréquences

Dans ce paragraphe nous allons présenter les normes spécifiant les niveaux des émissions hautes fréquences conduites, nous verrons l'exemple de la description des méthodes de mesure pour certaines normes. Ici, nous ne présenterons que les limites d'émissions de perturbations conduites. Les normes définissant la limite de la pollution électromagnétique du système étudié qu'on va citer dans ce polycopié sont la norme EN 55022 et la norme DO-160 D [9].

III.10.2.1. Norme EN 55022

Cette norme, spécifiant les niveaux hautes fréquences des émissions conduites applicables aux domaines résidentiels, commerciaux et à l'industrie légère. Les spécifications des normes relatives aux perturbations conduites dans la bande des fréquences radio (150 kHz – 30 MHz) se divisent en deux catégories. La première, désignée par l'appellation "Classe A", définit le niveau d'émission pour des appareils destinés au secteur industriel. La seconde, et certainement non la moindre, est réservée au secteur domestique et hospitalier : c'est la "Classe B". Les niveaux de perturbation sont donnés sur une échelle logarithmique en $dB \mu V$ [8].

$$dB\mu V(V) = 20 \log \left(\frac{V}{10^{-6}} \right) \tag{III.5}$$

Comme nous pouvons le constater sur la figure (III.13), la Classe B possède un gabarit nettement plus contraignant que celui de la Classe A. Les concepteurs des équipements électriques cherchent à répondre aux critères de la Classe B, ceci leur permettant de couvrir un marché plus vaste, en allégeant les moyens de filtrage, de ne répondre qu'à la classe A.

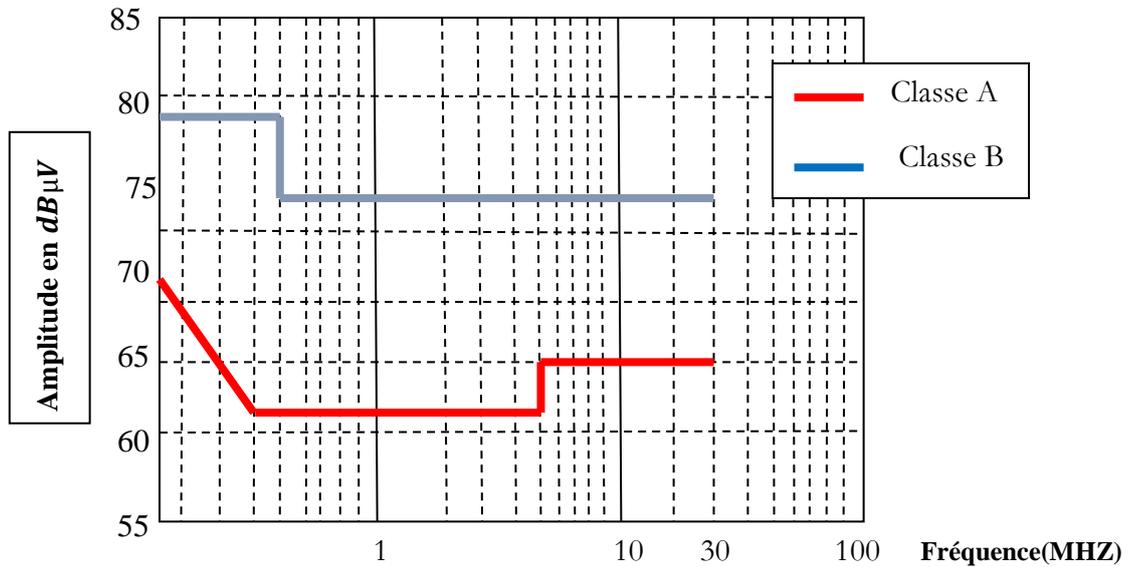


Fig. III.14 : Schéma de principe de la mesure de la pollution électromagnétique EM (norme : EN 55022) [8]

La figure (III.14), montre la mesure des émissions en mode conduit pour la norme EN55022. Le réseau stabilisateur d'impédance de ligne (RSIL) est placé entre le réseau d'alimentation et l'élément sous test. Ce RSIL est. Relié à la Terre.

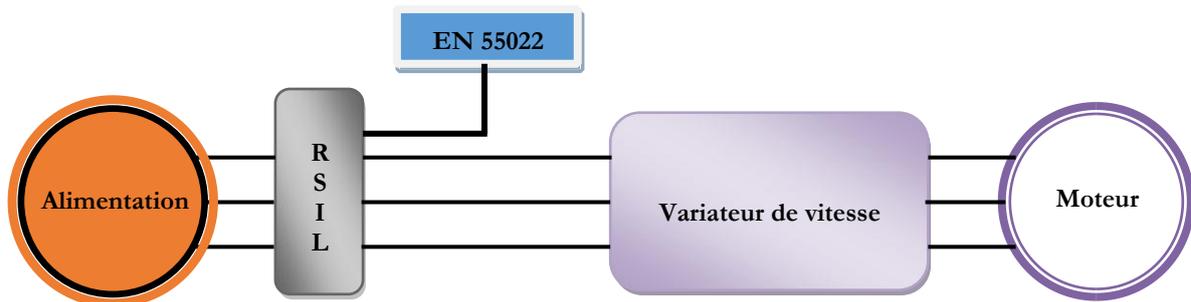


Fig. III.14 : Schéma de principe de la mesure de la pollution électromagnétique EM (norme : EN 55022) [8]

III.10.2.2. Norme DO-160D

Cette norme aéronautique vise à quantifier un bruit électromagnétique à l’entrée et à la sortie du convertisseur statique. Les niveaux sont donnés sur une échelle logarithmique en $dB\mu A$ Figure (III.15) [8].

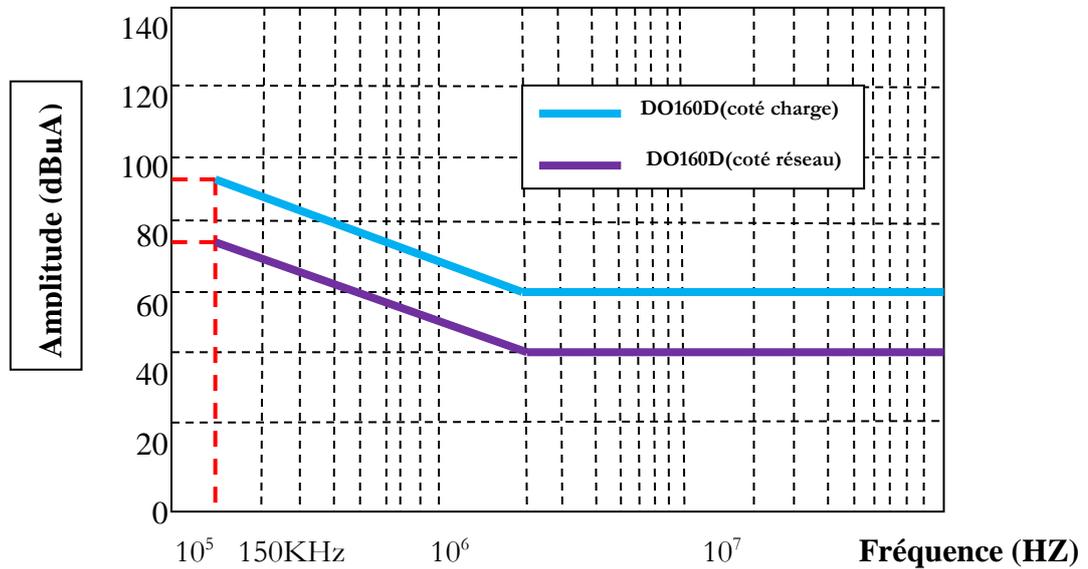


Fig. III.15 : Niveaux des perturbations conduites fixés par la norme DO-160D [8]

Le niveau limite des bruits électromagnétiques en mode conduit, défini dans la gamme de fréquence de 150 kHz-30 MHz, aux deux endroits précédemment indiqués est représenté sur la figure (III.16).

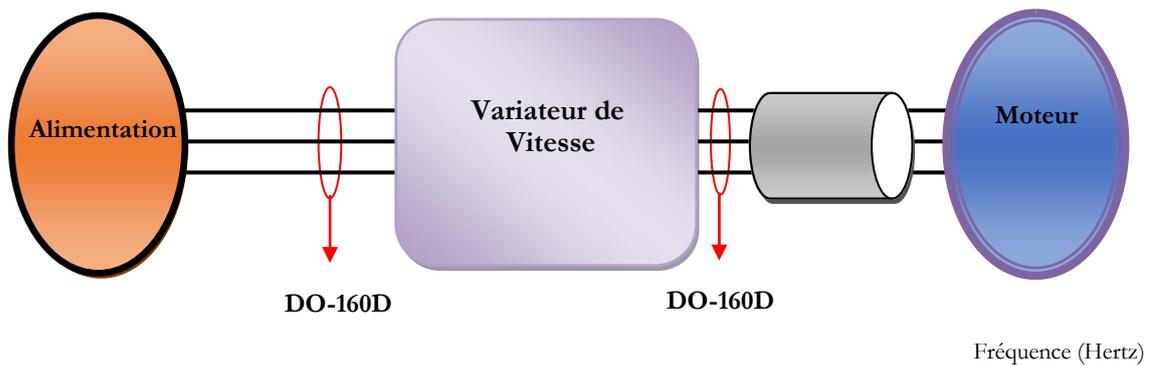


Fig. III.16 : Schéma de principe de la mesure de la pollution électromagnétique (norme : D0-160D) [9]

III.11. Mesure des perturbations conduites

Chaque organisme de réglementation à une norme spécifique de l'exécution des tests des interférences électromagnétiques. La figure (III.17) montre le principe de mesure des émissions en mode conduit pour la norme EN 55022. L'équipement sous test est placé sur une table en bois à 80 cm du sol. Le sol est un plan métallique relié au plan de masse. Pour observer le bruit conduit sur

une ligne de puissance, un dispositif est nécessaire pour séparer le bruit à haute fréquence et les signaux du courant d'entrée. Ce dispositif est appelé " Réseau Stabilisateur d'Impédance de Ligne (RSIL) " ou " LISN : Line Impedance Stabilization Network en anglais " [9].

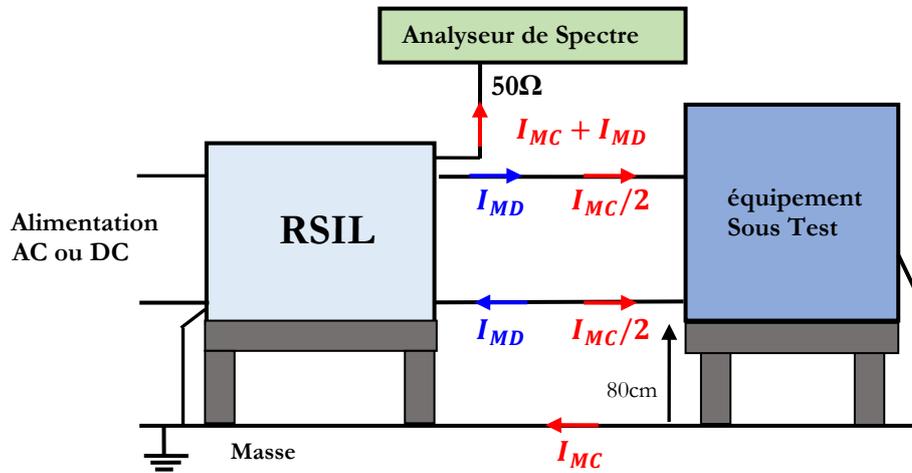


Fig. III.17 : Schéma de principe de mesure des perturbations EM conduites [9]

Ceux-ci ont pour but de tester un matériel en immunité et en émission dans les modes Conduits.

Dans ce contexte un certain nombre d'instruments ou moyens s'avèrent nécessaires parmi lesquels on peut citer [7,8] :

- Le matériel de mesure (analyseur de spectre, wattmètre HF, RSIL, antennes et mesureurs de champ...).
- Les générateurs de perturbations (pistolet à DES, pince capacitive, amplificateur de puissance HF).

Le Réseau Stabilisateur d'Impédance de Ligne (RSIL) est un filtre qui est inséré entre le dispositif sous test et le réseau fournissant l'énergie. Son rôle est double. Il doit isoler le réseau, sur lequel peuvent exister des perturbations de mode commun et de mode différentiel, de l'équipement sous test. La figure (III.18) représente un schéma de principe d'un RSIL monophasé.

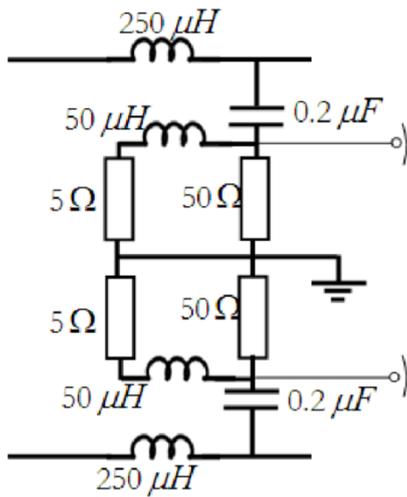


Fig. III.18 : Schéma de principe d'un RSIL monophasé [8]

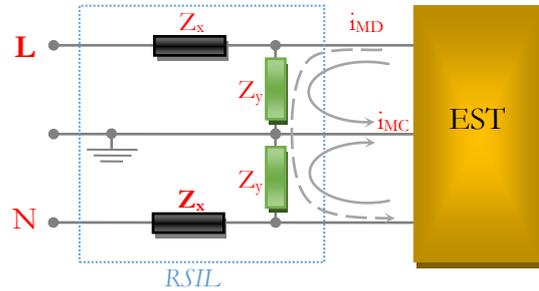


Fig. III.19 : Structure simplifiée du RSIL [9]

D'autre part, il doit présenter une impédance de fermeture constante vis-à-vis des perturbations à haute fréquence émises par le dispositif sous test, tant en mode commun que différentiel, et ceci indépendamment de l'impédance présentée par le réseau d'énergie. Cette impédance est normalisée par le CISPR. La norme définit les limites de variation de cette impédance, mesurée entre une borne de sortie et la terre dans la gamme de fréquence 10 kHz-100 MHz [8], [10].



Fig. III.20 : Photo représentant un RSIL monophasé utilisé en CEM [7]

L'inductance L ($250\mu H$), par sa forte valeur, empêche le courant issu de l'équipement sous test de revenir au réseau et canalise son passage dans la branche comportant C ($0.2\mu F$), et R (50Ω). Le condensateur C permet de filtrer la puissance (BF) et ne laisse le passage qu'aux perturbations (HF) vers l'impédance de mesure R , cette impédance est l'entrée 50Ω du récepteur de mesure, que nous avons représenté à la figure (III.18) [8].

III.12. Conclusion

L'aspect normatif ainsi que les méthodes d'essai en CEM ont été présentés, il faut : respecter les normes obligatoires ; admettre que la CEM est synonyme de qualité, sécurité et de fiabilité, donc il faut prendre en compte la CEM dès le début d'un projet.

Nous avons vu précédemment, que chaque type de perturbation requiert un banc de test précis. Dans le cadre des études des perturbations conduites, des différents dispositifs expérimentaux et appareils qui permettent de réaliser des mesures de perturbation sont : le Réseau Stabilisé d'Impédance de Ligne (RSIL), les sondes de tension et de courant, l'analyseur de spectre l'oscilloscope, et les antennes.

Les normes CEM ont pour un objet de définir des limites maximales de perturbations rayonnées et conduites, et de définir les niveaux d'immunité en conduit ou rayonné des équipements et, enfin, de décrire les méthodes et les moyens nécessaires à la vérification des niveaux d'immunité et d'émission pour reproduire des mesures fiables. Dans l'objet de respecter les normes CEM, nous sommes obligés à l'amélioration de la compatibilité électromagnétique.