

Compatibilité Electromagnétique

La compatibilité électromagnétique s'intéresse à la cohabitation des équipements ou des systèmes électriques et électroniques, du point de vue électromagnétique, ce qui peut simplement se traduire par 2 objectifs fondamentaux :

- Limiter le niveau des perturbations électromagnétiques non désirées provenant d'un équipement ou d'un système, afin de ne pas perturber les autres équipements;
- Être suffisamment immunisé contre les perturbations électromagnétiques provenant des autres équipements, ou plus généralement de l'environnement.

La compatibilité électromagnétique peut donc se schématiser par les 3 fonctions suivantes: Une « source perturbatrice » (un signal parasite), une « victime » (vulnérable au signal parasite), et un « couplage » entre les deux. Un phénomène indésirable ne peut se produire et être gênant que si ces 3 fonctions sont simultanément en action. Ce modèle « source/ couplage / victime », montre que si l'un des éléments est absent, la compatibilité entre les équipements est automatiquement restaurée. Idéalement il serait souhaitable de supprimer ou limiter la source de perturbations, mais en pratique, et dans la mesure où il n'est souvent pas possible d'agir sur les équipements ou les appareils perturbateurs ou perturbés, seule la réduction du couplage permet de rétablir la compatibilité entre les équipements.

Cela peut être illustré par un grand nombre de cas pratiques que nous avons rencontrés, dont certains sont présentés ci-après :



1. Tour Eiffel - Protection contre des rayonnements électromagnétiques intentionnels

Le rayonnement électromagnétique est utilisé de manière intentionnelle dans bon nombre d'application (radiodiffusion, télévision, téléphonie mobile, radar, communication et radionavigation et autres). Pour tous ces cas il est naturellement pas question de chercher à supprimer le rayonnement électromagnétique à la source. Les matériels devant fonctionner dans ces environnements, doivent donc être durcis. Un tel environnement électromagnétique se retrouve au sommet de la Tour Eiffel. La nuit à la manière d'un phare maritime, un faisceau lumineux balaye l'horizon. Lors de sa mise en service, le système commandant et alimentant le phare, n'a pas pu fonctionner de façon pérenne. SEFTIM a été mandaté pour résoudre ce problème.

L'analyse a rapidement démontré que ces anomalies provenaient des rayonnements électromagnétiques intenses présent au sommet de la Tour. La démarche a consisté à cerner les zones les plus susceptibles du système, démarche rendue difficile par la complexité de mesurer le signal dans cet environnement.. Le système est constitué d'un ensemble de contrôle/commande et d'alimentation de puissance associée au phare. Ce système est équipé de différents capteurs reliés entre eux par des liaisons filaires. Le très fort niveau de champ en partie haute agissait directement sur les circuits de contrôle. Sans remettre en cause les équipements et les circuits utilisés, ni modifier la géométrie des équipements ou du câblages, ni même leur nature, une solution à base de blindages (prenant en compte les ouvertures nécessaires, tel que les volets d'obturation, où pour permettre une maintenance de certains éléments du système), et de filtres sur les liaisons filaires à permis d'éliminer les problèmes rencontrés.

2. Combinaison anti-G du Rafale- Protection des équipement contre les surtensions transitoires

Afin de supporter les accélérations, les pilotes des avions Rafale sont équipé de combinaison dite « anti-G ». Le principe de ce système consiste à « gonfler » certaines parties de la combinaison pour maintenir une circulation sanguine suffisante dans les parties essentielle du corps. Ce système comporte un système électronique associé à des capteurs et des actionneurs pour gérer en fonction de la direction et de l'intensité de l'accélération le « gonflage » et le « dégonflage » des parties de la combinaison.



Avion Rafale

Compte tenu de l'environnement électromagnétique des équipements montés sur avion, ainsi que le niveau des perturbations pouvant être présentes sur le réseau d'alimentation de bord et sur les lignes de signaux, les perturbations impulsives représentaient un problème délicat. L'étape préliminaire a consisté à quantifier l'aspect énergétique des impulsions aboutissant au système électronique, puis à minimiser le temps de réponse des circuits de protection. Cette étape a ensuite permis de déterminer les composants de protections les plus adaptés. Les solutions se sont orientées vers des circuits à base de diodes écrêteuses rapides, qui ont ensuite été intégrés aux équipements du constructeur du système anti-G, pour être ensuite qualifiés aux différentes normes de l'aéronautique militaire ainsi que celles concernant les réseaux de bord avion).

Compatibilité Electromagnétique

3. Système de guidage de machine agricole – Protection d'équipement contre les perturbations induites sur les câblages

Comme dans bien d'autres domaines les outils de radionavigation d'une part, et d'autre part les circuits numériques dans les véhicules, permettant aux différents systèmes de communiquer ont amené l'agriculture à se saisir de ces moyens. En effet la navigation par GPS, associé à des systèmes dédiés, assure un guidage centimétrique de véhicule. Cela permet aux machines agricoles de répéter avec précision des cheminements déjà enregistrés, ou encore de moduler les doses d'engrais selon le besoin du sol prédéfini auparavant par d'autres techniques.

En l'état actuel du déploiement de ces systèmes sur des véhicules existants, celui-ci est souvent installé comme une option comportant une intervention sur le câblage électrique du tracteur, et se fait naturellement en insérant les nouveaux câblages sur les torons existant, sans considération particulière de mise en œuvre, et en utilisant les composants ordinaire généralement utilisé pour l'électricité « automobile ». Le blindage de câble par exemple n'étant généralement pas utilisé. Par ailleurs, les tracteurs et autres machines agricoles utilisent depuis plus d'une décennie, de plus en plus d'équipement électronique qui communique par bus série relativement lent. Toutefois les signaux transmis sur ces bus ont un spectre de fréquence relativement important, et donc rayonne un champ électromagnétique relativement perturbant pour les équipements sensibles. Compte tenu de cette situation, l'équipement de guidage des tracteurs comportant 2 équipements sensibles (le récepteur et le GPS), présentait des dysfonctionnement rendant le guidage inexistant ou aléatoire sur un certain nombre de véhicules.

SEFTIM a été mandatée pour résoudre ce problème. Le nombre de véhicules porteurs étant de marque et de modèle très varié, il n'était pas envisageable de chercher à éliminer ou minimiser les perturbations engendrées par les équipements et le câblage du tracteur lui-même. Seul une limitation du couplage était envisageable. Le durcissement du système a donc porté essentiellement sur le blindage des câbles acheminant certains signaux des récepteurs et par la mise en œuvre de masse haute fréquence efficace (courte et à 360°), ainsi que par l'augmentation de l'impédance de certaine liaison, à l'aide de ferrite, pour limiter la circulation de courant perturbateur vers le système de guidage.

4. Système de surveillance d'un tunnel autoroutier

Certains équipements industriels de conversion d'énergie, tel que des variateurs de vitesse/couple de moteur, engendrent d'une part des perturbations haute fréquence qui sont maintenant de plus en plus éliminées à la source, car très perturbateurs même à distance, et d'autre part des perturbations basse fréquence qui sont injectées sur le réseau. Ces perturbations basse fréquence conduites sur le réseau de distribution d'énergie risquent de perturber les équipements raccordés à celui-ci. Par ailleurs une partie est également induite dans les circuits tiers et apparaissent sous forme de perturbation de mode commun. Certains équipements transmettant des signaux de mode commun, principalement analogiques, peuvent être perturbés par la circulation de ces courants. Ce cas a été rencontré dans un tunnel routier équipé d'une part de système d'extraction d'air comportant des variateurs de forte puissance, et d'autre part de système de vidéo surveillance analogique. La masse des systèmes vidéo était réunie à la terre aux extrémités (coté caméra et coté centralisation). Et ces liaisons sont le siège de courants perturbateurs composés d'harmoniques de la fréquence du réseau. Ces signaux perturbateurs lorsqu'ils étaient modérés altéraient l'image par l'apparition de moirure entre différentes parties de l'image, et pour les configurations les plus perturbées, il y avait perte de la synchronisation verticale, rendant l'image défilante et inexploitable.

Idealement, il aurait été préférable d'éliminer les courants harmoniques "à la source", éventuellement par filtrage, ou en utilisant des variateurs comportant un système de correction de facteur de forme, mais cela restait lourd et d'un coût important. Comme cela a été dit, ce qui posait problème était la circulation de courant entre les points de mise à la terre des équipements distants. Pour éliminer la majorité des courants parasites de mode commun, une interface constituée essentiellement d'un transfo d'isolement (éliminant les perturbations de mode commun) a été installée sur les liaisons vidéo.

5. Réseau de terre d'un laboratoire de test électromagnétique industriel

Les laboratoires destinés aux essais électriques de type impulsion de fort courant ou de haute tension engendrent des perturbations électromagnétiques dues aux variations rapides du champ magnétique et du champ électrique. D'autre part, il est essentiel de maintenir l'équipotentialité entre les différentes parties de la zone d'essai, pour des raisons de sécurité d'une part, et d'autre part pour avoir une référence de potentiel permettant de réaliser des mesures valables, et également de maîtriser l'impédance des circuits en essai. Ce cas a été rencontré dans une usine de fabricant de parafoudres HTA/HTB. Le site comportant plusieurs zones d'essai et étant assez étendu, il n'était pas envisageable de recouvrir le sol d'un plan de masse continu, même à large maille. L'objectif a été de maintenir une équipotentialité excellente dans les zones d'essai (maintenant une faible impédance aux fréquences élevées), et de conserver seulement une équipotentialité modérée dans les zones de fabrication (équipotentialité aux fréquences industrielles).



Réseau de terre du laboratoire
(zones d'essai en bleu)