

BANDE DE BASE

Bande de fréquences occupées par un signal avant sa modulation en vue d'une transmission, ou après démodulation. Dans ce cas toute la largeur de bande du câble est utilisée pour véhiculer les informations, les signaux passent directement dans le câble sans aucune forme de modulation.

BANDE PASSANTE

20 Hz - 20 KHz = Audio Analogique (en réalité la gamme des fréquences audibles se situe de 16 Hz à 16 KHz). A titre indicatif un caisson de grave couvre la gamme de 20 Hz à 200 Hz. Plus on monte en fréquence plus le son devient aigu. La bande passante est la différence entre la note la plus aiguë et la note la plus grave.

300 Hz à 3,1 KHz = Téléphonie.

4 KHz à 1,1MHz = RNIS-NUMERIS catégorie 2, ADSL.

2,2 MHz = ADSL2.

5 MHz = Audio Numérique AES-EBU, Vidéo et Informatique.

20 MHz = Réseaux informatiques Ethernet 10 BaseT catégorie 4.

100 MHz = Réseaux informatiques Ethernet 100 Base T catégorie 5 et 1000 Base T (Gbits/s) catégorie 6.

270 MHz = SDI SD.

1,5 GHz = SDI HD 4:2:2.

2,4 GHz = Wi-Fi norme 802.11b.

3 GHz = SDI HD 4:4:4.

5 GHz = Wi-Fi (baptisé Wi-Fi 5) norme 802.11a.

BRUIT

Tout signal parasite venant se superposer au signal utile et de ce fait venant le perturber (souffle sur un ampli, ronflettes etc.)

CEM

Un produit est qualifié de CEM -Compatibilité Electromagnétique (en anglais EMC-ElectroMagnetic Compatibility) lorsqu'il est capable de fonctionner dans son propre champ d'action électromagnétique de manière satisfaisante, c'est à dire sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout élément situé dans son environnement. Ce sont principalement les équipements qui définissent la CEM, et non le système de câblage. Le rôle du système de câblage se limite uniquement, dans certains cas (par exemple lorsqu'il est blindé), à augmenter l'immunité des équipements terminaux. L'étude de la CEM est complexe car elle met en œuvre trois composantes : le générateur de perturbations (source), la propagation proprement dite (couplage) et l'élément qui subit la perturbation (victime). Cette étude théorique est difficile, car elle revient à étudier la propagation des ondes électromagnétiques régie par un ensemble d'équations différentielles complexes : les équations de Maxwell. Leur résolution est généralement assez délicate à mettre en œuvre de façon exacte dans des structures physiques réelles, même avec des moyens informatiques très performants. En pratique il faut donc traiter les problèmes de compatibilité électromagnétique en faisant un certain nombre d'hypothèses simplificatrices, en utilisant des modèles, et surtout en ayant un recours constant à l'expérimentation et à la mesure.

DIAPHONIE et PARADIAPHONIE

La diaphonie est la transmission du signal entre des fils voisins (par exemple deux fils dans une même gaine). L'effet peut être inductif (par couplage magnétique) ou capacitif (dû à la présence de capacité entre les deux fils). La paradiaphonie est la transmission du signal entre deux paires voisines. L'exemple type de diaphonie se rencontre dans le domaine audio. En conséquence, une partie des signaux transmis sur une ligne apparaît sur l'autre et réciproquement.

FERRITE

La ferrite est une sorte de céramique obtenue par moulage à forte pression et à haute température (plus de 1000°C) à partir d'oxyde de fer et d'oxyde ou carbonate de nickel, de manganèse, de zinc... C'est un matériau très dur, difficile à usiner et assez fragile, de couleur grise à noire, dont la résistivité est très élevée. La ferrite est très fragile et casse en tombant sur une surface dure. Il est quand même possible de recoller deux morceaux (surtout pour les diamètres au-dessus de 20 mm), en utilisant une mince couche d'Araldite, l'entrefer ainsi créé restant négligeable. La ferrite joue le rôle d'une résistance (on parle d'impédance) aux champs haute fréquence en transformant l'énergie électrique en énergie calorifique (effet Joule). Les caractéristiques magnétiques (perméabilité, gamme de fréquence...) d'un noyau en ferrite varient beaucoup en fonction non seulement de ses composants mais aussi du processus de fabrication. Le point de Curie (température au-dessus de laquelle l'aimantation spontanée d'un corps ferromagnétique s'annule) de ces matériaux est généralement compris entre 125 et 350°C. **Parmi ces ferrites dites "douces" on distingue deux groupes :**

- **les ferrites au manganèse-zinc** utilisées en BF (en dessous de 1MHz). Forte perméabilité

- **les ferrites au nickel-zinc** utilisées en HF entre 1 et 300 MHz. Perméabilité plus faible.

L'autre famille de ferrites est moulée sous pression à partir de poudre de fer extrêmement fine agglomérée avec un liant. Comme les particules magnétiques sont isolées entre elles, les pertes par courant de Foucault sont limitées. L'espace entre les particules constitue une sorte de "micro-entrefer" réparti. Les caractéristiques de ce type de matériau sont plus stables que celles des ferrites dites douces, ce qui autorise leur utilisation pour des filtres sélectifs. Ce sont les tores en poudre de fer dont la perméabilité est la plus faible qui sont utilisés en HF jusqu'à 500 MHz.

Formes : le tore, c'est un volume qui s'apparente à un anneau assez épais, caractérisé par : son diamètre extérieur, son diamètre intérieur et sa hauteur. En empilant plusieurs tores il est possible de former un circuit en forme de tube, ce qui équivaut à augmenter la section du circuit magnétique.

Autres formes : perles à un ou plusieurs trous, bâtonnets et barreaux, plaquettes, tubes et bagues, pots, noyaux filetés, tores et cylindres en deux parties (snap-on) pour déparasitage des câbles ronds ou plats.

Applications : En BF (fréquences inférieures à 1MHz) : transformateurs à hautes performances, selfs (alimentations à découpage), filtres, antiparasite, selfs de choc. En HF (de 1 à 100 MHz) : selfs à facteur de qualité élevé, selfs de choc, déparasitage des câbles, blocage des courants sur lignes coaxiales, transformateurs à large bande, baluns, ROS-mètre, pont d'impédance et mélangeurs équilibrés.

LE CABLAGE

- **Le câblage classique asymétrique** utilise un point chaud (+) pour le transport de la modulation (conducteur central ou âme) et un point froid (-) qui agit comme un bouclier (blindage). Les caractéristiques électriques (impédance, résistivité au mètre...) des deux liaisons sont très éloignées, il en résulte une impédance différente entre le point chaud (celui de la modulation) et le blindage (celui du retour). Ce déséquilibre fait que le câble se comporte comme une antenne, induit une ronflette d'autant plus audible que le signal est faible, le gain de l'ampli poussé, le câble long et les sources perturbatrices importantes. Plus un câble est long, plus la fréquence à partir de laquelle l'effet d'antenne intervient est basse.

- **Le câblage symétrique** utilise un point chaud (+), un point froid (-) et une masse correspondant au blindage du câble. Dans ce type de câblage les courants perturbateurs interviennent entre les deux fils, point chaud et point froid.

IMPEDANCE DE TRANSFERT

C'est la mesure de l'efficacité du blindage d'un câble en fonction de la fréquence. Elle représente la résistance que va rencontrer une perturbation pour s'écouler le long du blindage en fonction de la fréquence. La valeur de la résistance doit être la plus faible possible à toutes les fréquences, ce qui va permettre aux perturbations de s'écouler plus facilement le long du câble.

LES EQUIPEMENTS

Jusqu'à des fréquences de l'ordre de 100 MHz ils sont généralement sensibles aux perturbations et surtout à celles créées par les courants perturbateurs captés par les câbles. Au-delà de ces fréquences et en fonction des dimensions des équipements, des couplages directs peuvent intervenir sur les pistes des circuits imprimés et le câblage interne. Les courants en mode commun couplés dans les câbles pénètrent, dans la mesure où aucune protection n'est prévue, dans les équipements et s'acheminent à la terre en traversant toute la circuiterie. Ils engendrent des chutes de tension et des champs perturbateurs qui sont à l'origine de mauvais fonctionnements.

MODULATION

Moduler une onde c'est faire varier un de ses éléments : amplitude, fréquence ou phase, en fonction des variations d'un signal à transmettre. Pour retrouver le signal après transmission, il faut faire une démodulation.

MULTIPLEXAGE et DEMULTIPLEXAGE

C'est le nom de toute technique permettant de faire passer simultanément sur un même support, plusieurs signaux indépendants sans qu'ils interfèrent les uns sur les autres. Au départ les différents signaux sont multiplexés, passent dans un seul conducteur et à l'arrivée l'opération inverse est réalisée, le démultiplexage, permettant ainsi la reconstitution des différents signaux. Exemple : SPDIF (Sony Philips Digital Interface, noté également S/P DIF).

SIGNAUX ANALOGIQUES

Audio, vidéo, signaux industriels, les signaux analogiques peuvent être décomposés en séries de Fourier. Ils apparaissent alors comme des successions d'harmoniques. Pour reconstituer le signal initial l'ensemble de ces harmoniques n'est pas toujours nécessaire, et la partie utile constitue la bande passante occupée par le signal. La dégradation du signal est en règle générale progressive.

SIGNAUX NUMERIQUES

Audio numérique AES-EBU, vidéo numérique DVI, HDMI, ADC etc., signaux informatiques. Constitué de bits la dégradation du signal est en règle générale brutale.

SIGNAUX SPDIF

Sony Philips Digital Interface Format. Format de transfert de données numériques en audio, présent par exemple dans les DAT, évitant les conversions analogiques et donc limitant les pertes de qualité.

ATTENUATION

Les signaux utiles transmis à hautes fréquences sont atténués plus ou moins fortement par les composants du système de câblage et par le câble lui-même. L'atténuation d'un câble est donnée en dB/100m, à une fréquence et à une température donnée.

BATTEMENT

Le battement de deux ondes est le résultat du mélange de deux ondes de fréquences différentes mais proches. Il est observé en acoustique, en mécanique, en optique etc. Deux sources sonores qui vibrent à des fréquences voisines (d'environ 5 à 10 Hz) donnent lieu à une série de battements. La fréquence de battement est fonction de la différence de fréquence des deux sources.

BOUCLE DE TERRE

L'amplitude du couplage perturbateur en mode commun dépend essentiellement de la surface de boucle constituée entre les câbles et la terre. Dans l'audio leur effet le plus perturbant est une oscillation de basse fréquence connue sous le nom de bourdonnement (ronflette). On résout quelques problèmes en rebranchant correctement les principaux câbles sur une seule terre, habituellement au secteur d'entrée le plus sensible ou à l'alimentation. De tels problèmes surviennent principalement quand une amplification élevée est nécessaire. En vidéo elles se traduisent à l'écran par des barres parasites. Une boucle de terre est créée quand deux éléments dans un circuit ou deux machines différentes reliées ensemble reçoivent leur signal de terre de référence de différentes origines. Une différence de potentiel de terre crée cette boucle, interférant avec le signal utile. Des dispositifs spéciaux d'isolement de la terre sont alors nécessaires pour traiter le problème.

CABLES

Les câbles servent de canaux de transmission à la fois pour les signaux utiles et pour les signaux perturbateurs générés dans les équipements. Ils agissent comme des antennes et rayonnent des signaux perturbateurs en mode commun à partir d'une certaine fréquence (en fonction de leur longueur). Plus le câble est long, plus basse est la fréquence à partir de laquelle l'effet d'antenne apparaît.

COUPLAGE

Les perturbations se propagent par le biais de phénomènes de couplage : un câble peut rayonner un champ électromagnétique et inversement un champ peut induire un courant parasite dans un câble. Le couplage se fait **par conduction entre conducteurs**, c'est le mode symétrique ou différentiel, le courant se propage sur l'un des conducteurs, traverse l'appareil victime, en le polluant et revient sur l'autre conducteur en sens inverse (10% des cas), à partir de fréquences de l'ordre du GHz ou **entre un conducteur et la terre**, c'est le mode asymétrique ou commun le courant se propage en phase sur tous les conducteurs et se reboucle par les circuits de masse via les capacités parasites (90% des cas) prépondérant jusqu'à quelques centaines de MHz. Il provient de la présence d'un circuit commun entre différents appareils : circuit d'alimentation, circuit de masse, réseau de protection PE (conducteur de protection reliant la prise de terre aux masses métalliques de l'installation). Il peut se faire aussi **par rayonnement électromagnétique**, si le champ perturbateur est lointain, par exemple une antenne, le couplage est dit inductif, et s'opère en mode différentiel ou en mode commun. Si le couplage est en champ proche il est dit capacitif, très courant dans des chemins de câbles.

HARMONIQUES

La fréquence la plus basse qui produit un système d'ondes stationnaires dans un milieu à une dimension est appelée fréquence fondamentale ou première harmonique. La deuxième harmonique a une fréquence égale à deux fois celle de la fréquence fondamentale, la troisième trois fois etc. : les harmoniques sont des multiples de la fréquence fondamentale : x2, x3, x4 etc. Les perturbations basse fréquence dues au ronflement 50 Hz par le secteur sont riches en harmoniques, jusqu'au rang 40 (2 KHz). Les harmoniques de rang impair sont les plus perturbatrices, notamment l'harmonique 3, qui demeure très audible. Les harmoniques de rang pair n'ont que peu d'effets, de même que celles multiples de 3. L'éclairage, par lampes à décharge et tubes fluorescents, est générateur de courants harmoniques. Le taux individuel d'harmonique 3 peut même dépasser 100 % pour certaines lampes fluo compactes modernes, d'où une attention particulière à porter à la détermination de la section et de la protection du conducteur neutre qui, véhiculant la somme des courants d'harmoniques 3 des trois phases, risque un échauffement important.

PERTURBATIONS

Il s'agit de tout phénomène électromagnétique susceptible de dégrader les performances d'un dispositif ou d'un système.

- **Soit elles sont d'origine radios électriques** (RFI-Radio Frequency Interférence). Elles nécessitent de connaître la fréquence de l'interférence. Les perturbations des champs hautes fréquences sont provoquées par les émetteurs hautes fréquences qu'ils soient commerciaux ou amateurs type CB, les mobiles, les téléphones sans fil, les Talkie-walkie etc. Chacune requiert une approche différente.

- **Soit elles sont d'origine électromagnétiques** (EMI-Electromagnetic Magnetically Interférence). Elles sont provoquées par les appareils électroménagers, les moteurs électriques, les alimentations à découpage (très répandues), les commandes électriques et électroniques, les ordinateurs, les appareils de lumière (néon, tubes fluorescents etc.), les interrupteurs, contacts, disjoncteurs et relais dans les circuiteries de commandes et les climatiseurs, foudre, décharge électrostatique, cette liste n'étant pas, bien entendu, exhaustive. Les appareils de cette nature sont très riches en harmoniques qui peuvent produire des pointes dans les hautes et très hautes fréquences. Des courants perturbateurs à haute fréquence peuvent apparaître n'importe quand et n'importe où. Ainsi, lors de chaque déclenchement d'une charge inductive (bobine de contacteur, bobine de relais, éclairage à tubes fluorescents, etc.) quelques dizaines d'impulsions sont émises sous forme de champs perturbateurs ou couplées par voie capacitive ou inductive. C'est la raison pour laquelle il est absolument indispensable de prévoir des protections. Les perturbations harmoniques sont situées dans un spectre basse fréquence s'étendant jusqu'à quelques kHz et les perturbations haute fréquence se situent dans un spectre s'étendant jusqu'à plusieurs GHz.

RETARD DE PROPAGATION

Les signaux utiles aux hautes fréquences ont besoin d'un certain temps pour transiter de l'émetteur au récepteur à travers le câble. Ce temps, que l'on nomme temps de propagation, dépend entre autres de la vitesse de transmission et de la longueur du câble. Il limite, en fonction du protocole de transmission utilisé, la longueur admissible du câble.

ADAPTATION D'IMPE DANCE

Les réseaux câblés pour la transmission de données transmettent des signaux à hautes fréquences. L'impédance de tout le système de câblage doit être adaptée à l'impédance d'entrée des étages de réception et à celle de sortie des étages d'émission.

BALUNS

Il en faut un à chaque extrémité du câble. Ce sont des transformateurs symétriseurs constitués d'un enroulement au primaire et de deux enroulements au secondaire avec le point milieu relié à la terre. Le câble est relié au secondaire, les tensions perturbatrices apparaissant sur les deux enroulements, s'annulent car elles sont de polarité opposées. Ceci est valable à condition que les deux enroulements de symétrisation soient parfaitement identiques, ce qui est pratiquement très difficile à réaliser. D'autre part l'impédance entre la connexion de terre du balun et le boîtier doit être. Le rapport de réjection du mode commun subit une forte dégradation en hautes fréquences si cette condition n'est pas respectée. La mise à la terre des baluns aux deux extrémités du câble constitue une boucle de terre. Des courants d'équilibrage de terre à 50 Hz ou des coups de foudre peuvent provoquer la destruction des baluns. Ils présentent l'avantage d'assurer l'adaptation d'impédance.

CABLAGE (règles basiques)

- Plaquer les câbles sur le plan de masse.
- Regrouper dans le même toron des câbles blindés et de même groupe (exemple : puissance + liaisons E/S et numérique + analogique), en différenciant les groupes.
- Eloigner au maximum les câbles incompatibles entre eux (câble générant du bruit et câble sensible) et les croiser à angle droit (les champs étant perpendiculaires, ils n'ont aucune interaction).
- Regrouper les liaisons similaires dans un même raccordement (connecteurs, borniers, baie de brassage, barres de patch, etc.) liaisons numériques regroupées ensemble et pareil pour les liaisons analogiques.
- Dans une tablette il faut regrouper les câbles de même nature en éloignant les groupes ainsi constitués : câbles de puissance ou générateurs de bruit, câbles E/S, câbles de mesure ou sensibles.
- Dans un chemin de câbles métallique la mise à la terre doit être parfaite de bout en bout.
- Dans des goulottes, cloisonnement des chemins (TV + téléphonie, réseau, secteur).
- Raccordement des blindages : à proscrire la queue de cochon, fil de liaison rajouté pour faire la connexion entre le blindage du câble et la masse du connecteur, car il se comporte comme une antenne réduisant voir annulant l'efficacité du blindage. L'idéal est la reprise du blindage sur 360°, conformément au principe de la cage de Faraday (exemple BNC, RCA par vissage) ou sur la totalité du périmètre des connecteurs.
- Mise en œuvre des filtres en boîtiers métalliques : sont à proscrire le montage sur isolant, la queue de cochon et les entrées/sorties implantées du même côté.

CABLES BLINDES

Afin qu'un effet protecteur soit constitué en hautes fréquences, le blindage d'un câble doit être relié à la terre aux deux extrémités. Le blindage réalise alors pratiquement un court-circuit entre deux équipements ainsi reliés et empêche l'apparition de tensions perturbatrices. La manière de connecter le blindage à la terre doit être réalisée parfaitement. La mise à la terre du blindage avec un bout de fil est à proscrire puisque l'inductivité du fil constitue une impédance élevée aux hautes fréquences et engendre un couplage important sur les conducteurs du câble. Il est important que le blindage entoure les conducteurs sur toute la longueur du câble. Un soin particulier doit être voué aux connecteurs. L'impédance de transfert permet de mesurer la qualité du blindage des câbles et des connecteurs. Si l'on compare l'immunité d'un réseau de transmission blindé et celle du même réseau en réalisation non blindée on a, en général, des résultats plus mauvais pour la version blindée si celle-ci est mal installée. On ne peut pas en déduire que les systèmes blindés qui ne travaillent pas correctement captent plus de perturbations que les non blindés. La différence réside davantage dans le fait que ces derniers sont toujours pourvus de baluns et qu'ils sont ainsi protégés dans une certaine mesure. Un système blindé avec de bons connecteurs et installé correctement constitue, selon les connaissances actuelles de la technique, le meilleur moyen pour protéger un réseau câblé à haut débit de transmission contre les courants perturbateurs en mode commun. Dans le domaine audio (basses fréquences), raccordement du blindage au connecteur à une seule extrémité du câble, pour éviter la ronflette à 50 ou 100 Hz, en reliant à la masse les conducteurs non utilisés.

DIAPHONIE et PARADIAPHONIE

Pour atténuer, voir supprimer Les perturbations dues à la diaphonie et à la paradiaphonie, on utilise des fils torsadés deux par deux, on parle alors de paires torsadées, twistées ou de câbles appairés. Le fait de les torsader diminue cet effet perturbateur car les vecteurs d'induction créés par les torsades s'annulent du fait qu'ils sont de sens opposé. Ils provoquent ainsi moins de perturbations électromagnétiques autour d'eux, donc moins de diaphonie. Cette dernière peut atteindre des niveaux très élevés si les câbles sont accidentellement comprimés ou posés à l'aide d'agrafes qui viennent les écraser.

FILTRAGE

Il consiste à insérer un condensateur de faible capacité ou un filtre passe-bas entre tous les conducteurs d'un câble, cela permet aux courants perturbateurs d'être directement évacués vers la terre à l'entrée du boîtier. Cette solution n'est pas applicable pour des bandes passantes élevées (au-delà de 150 MHz).

PROTECTION CONTRE LA Foudre

A cause de leur extension généralement importante, les réseaux câblés sont extrêmement exposés aux surtensions engendrées par la foudre. Le courant de foudre peut, si aucune précaution n'est prise, induire des tensions de l'ordre de 100 KV, ou plus, dans les surfaces de boucles entre groupes de câbles ou entre câbles et terre. Ces surtensions peuvent être réduites très fortement avec un système de câblage blindé et avec un concept de mise à la terre approprié.

REDUCTION DE LA SURFACE DE BOUCLE DE TERRE

L'amplitude du couplage perturbateur en mode commun dépend essentiellement de la surface de boucle constituée entre les câbles et la terre. Cette surface doit dans tous les cas, conjointement avec les autres moyens tels que le filtrage, la transmission symétrique ou le blindage, être réduite autant que possible. Le meilleur moyen pour la réduire est de placer les câbles dans des canaux métalliques, reliés à la terre ou dans des gaines thermoretractables écrantées, constituant de véritables cages de Faraday.

RESPECT DE LA CEM (Compatibilité Electromagnétique)

Les perturbations émises par chaque équipement doivent être limitées, de manière à éviter que les autres équipements installés dans leur voisinage ne soient eux-mêmes perturbés. Des normes internationales définissent les niveaux maximums d'émissions perturbatrices. Il n'existe pas de normes à ce jour, seul un projet du CISPR (Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques) en spécifie les limites. De 150 KHz à 30 MHz : tension perturbatrice aux bornes d'alimentation et tension ou courant perturbateur sur les lignes de données. De 30 MHz à 1 GHz : champ perturbateur.

SEPARATION GALVANIQUE

Les produits qui permettent une séparation galvanique (transformateurs d'isolement, optocoupleurs, relais, etc.) empêchent la circulation de courants perturbateurs en mode commun uniquement aux basses fréquences. La capacité parasite entre primaire et secondaire de ces éléments constitue pratiquement un court-circuit face à ces courants dans le domaine des hautes fréquences.

TORES DE FERRITE

Si l'on augmente l'impédance de la boucle constituée par les câbles, les boîtiers des équipements terminaux et la terre, le courant perturbateur couplé peut être alors réduit. On y parvient en plaçant sur les câbles des anneaux de ferrites. Selon l'importance des perturbations, si cette solution n'apporte pas de solution radicale, elle devra alors être utilisée en complément avec d'autres moyens.

TRANSMISSION DIFFERENTIELLE

Le signal est véhiculé sur deux fils à la fois. Le signal résultant est la différence entre les deux. De ce fait les signaux utiles s'ajoutent et les signaux parasites se retranchent. Cela permet aussi d'atteindre de plus grandes longueurs de câbles. Bien entendu cela suppose que le signal soit envoyé puis reçu par des amplificateurs différentiels. Exemple : SCSI LVD et HVD.

CEM (COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE)-PERTURBATIONS EMI-RFI ET HF

FERRITES

Nous allons nous attarder sur l'utilisation des tores de ferrite. Les champs HF perturbateurs ont une influence plus ou moins importante sur tous les appareils des domaines audio et vidéo ainsi que les moniteurs informatiques et de façon générale tout appareil à base d'électronique, appareils de contrôle, de mesures (oscillographes, analyseur de spectre...), etc. L'utilisation de tores de ferrite permet de lutter avec plus ou moins d'efficacité contre ces perturbations des champs HF. Ce sont des courants circulant dans des câbles coaxiaux ou multibrins dont le retour ne s'effectue pas par un des conducteurs du câble mais sur la surface extérieure des conducteurs à cause de l'effet de peau. Dans le cas d'un câble coaxial elle se fait sur la surface extérieure du blindage. Ainsi les câbles captent ou rayonnent des champs magnétiques HF et se comportent comme de véritables antennes. Bien entendu ces champs magnétiques HF engendrent des signaux indésirables, les tores de ferrite les réduisent fortement, en présentant une impédance plus ou moins élevée face à ces signaux. Plus la taille de la ferrite est importante plus son impédance est élevée et plus elle est efficace, et son efficacité croît avec la fréquence. L'impédance augmente en fonction du carré du nombre de tours du câble dans la ferrite. Elles sont plus efficaces près des équipements, là où se situe le point de faible impédance au niveau du câble. Les principaux câbles concernés sont les câbles d'antennes, de réseau, de haut-parleur, de microphone, de commandes multiconducteurs, téléphoniques, d'ordinateurs, internes et externes d'alimentation.

Le choix d'une ferrite ne se fait pas au hasard. Sont à prendre en compte :

- **La fréquence perturbatrice** où le maximum d'atténuation est requis. La ferrite la plus appropriée offrira l'impédance la plus élevée dans une plage de fréquence optimisée (exemple : 1 à 10 MHz, 10 à 30 MHz, 30 à 300 MHz, 300 MHz et plus).
- **La forme de la ferrite** déterminée par le type de câble (rond ou plat).
- **Les spécifications de l'installation** conduisant à des ferrites cylindriques (à monter sur le câble avant mise en place des connecteurs) ou demi-cylindriques montées sur coques avec fermeture snap-on (à monter sur câble déjà équipé des connecteurs).
- **Les caractéristiques de la ferrite** au regard de l'environnement, son impédance pouvant varier avec la température ou le niveau de courant.

Malgré tout, le choix d'une ferrite n'est pas chose aisée car il reste empirique. Cela explique que près de 80% des ferrites ne sont pas adaptées à l'environnement dans lequel elles travaillent, d'autant que les spécifications techniques des ferrites vendues ne sont pas toujours documentées par les vendeurs.

Où placer la ferrite ? Son emplacement sur le câble est essentiel pour un maximum d'efficacité.

- Elle doit être placée le plus près possible de l'équipement générant les signaux perturbateurs.
- Dans le cas d'un câble intégré à un boîtier et ressortant vers l'extérieur, la ferrite doit être installée en interne au niveau de la sortie du câble.
- Si le câble réunit deux éléments générateurs de signaux indésirables, il en faut deux, chacune d'elles placée de chaque côté du câble le plus près possible des équipements.

CEM (COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE)-PERTURBATIONS EMI-RFI ET HF

CONCLUSION

Le domaine des perturbations électromagnétiques est un domaine qui fait intervenir plusieurs variables dépendantes du milieu ambiant. On peut pratiquement dire que chaque cas est un cas spécifique à résoudre. Cela explique la complexité du sujet pour lequel il n'existe pas de solutions standard, et auquel on ne peut apporter que des solutions empiriques. Ce qui complique aussi le sujet est la génération d'harmoniques de plusieurs rangs autour de l'harmonique fondamentale pour ce qui concerne les signaux analogiques. Par contre, il est évident qu'il faut impérativement respecter un certain nombre de règles basiques, dont la mise en œuvre va éliminer d'office une grande majorité des perturbations.