Blindage de câbles simplifié - Nouvelle approche pour produire des faisceaux hautes-performances

Christophe Loret, Responsable Produit Composés conducteurs, Chomerics Division Europe

Le blindage de câbles est essentiel pour protéger l'électronique sensible des perturbations externes, mais les techniques traditionnelles ont des inconvénients au niveau encombrement et poids, ainsi qu'au niveau des procédures de finition coûteuses en main d'oeuvre. Le blindage conducteur thermo-rétrécissable constitue une alternative durable, légère et économique.

Les opérations militaires d'aujourd'hui font beaucoup appel aux communications et s'appuient sur des calculs rapides, effectués par des équipements allant de radios portables à des casques connectés, en passant par des systèmes de contrôle d'armes ou de guidage de missiles, et de l'avionique. Une protection efficace contre les EMI (Electro Magnetic Interference, ou parasites électromagnétiques), RFI (Radio-Frequency Interference, parasites de fréquence radio) et ESI (Electro Static Interference, ou parasites électrostatiques) est fondamentale.

Étant donné que les câbles sont des points d'entrée très vulnérables pour les parasites, les fabricants d'équipement ont recours à un certain nombre de techniques établies pour assurer un blindage approprié des câbles et la bonne terminaison des blindages de câbles. Compte tenu de l'importance croissante associée au poids, à l'encombrement et au coût du matériel militaire (comme d'ailleurs dans l'avionique commerciale ou dans d'autres secteurs à haute valeur ajoutée comme les scanners médicaux), il existe une demande croissante en faveur de solutions de blindage alternatives, à la fois plus légères, plus faciles et plus rapides à mettre en oeuvre, et mieux adaptées à la réparation et à la reprise.

Efficacité du blindage

Les câbles blindés contiennent efficacement les interférences rayonnées, tout en protégeant les signaux des parasites EMI, RFI et ESI externes. Un câble bien réalisé fait appel à plusieurs éléments indépendants sensibles, et il est tout aussi critique que n'importe quel autre élément de conception du système. L'efficacité du blindage s'exprime par le rapport entre l'intensité d'un champ d'onde incidente, et l'intensité du champ que le blindage autorise, exprimé en dB. Le blindage peut soit refléter, soit absorber (shunt à la masse) les champs électriques ou magnétiques rayonnants.

Il existe quatre sources de parasites de signal :

- Bruit statique se produisant lorsqu'un champ électrique déforme le signal
- Bruit magnétique généré par les moteurs ou transformateurs AC, qui peuvent créer des courants induits en opposition
- Bruit en mode commun résultant des courants circulant entre les différentes masses en divers points du système
- Interférences correspondant à des signaux AC standard entre deux (ou plus) fils ou câbles voisins

Étant donné que des problèmes EMI/RFI peuvent naître tout le long du câble, ainsi qu'à la jonction entre le câble blindé lui-même et son connecteur, la qualité du blindage et de la terminaison est extrêmement importante. En pratique, davantage de problèmes ont leur source au niveau de la terminaison qu'en tout autre point du câble.

Matériaux et terminaisons

Les approches classiques en matière de blindage et de terminaison consistent notamment à utiliser un connecteur en métal ou en plastique métallisé, et à souder le blindage au connecteur. Une autre approche consiste à envelopper la jonction avec du clinquant cuivre, lui-même soudé au blindage du câble. Même s'il est prouvé que de telles solutions sont efficaces, elles restent coûteuses, nécessitent beaucoup de main-d'oeuvre, et sont difficiles à reproduire pour assurer des performances de blindage constantes.

D'autres types de câble blindé font appel à une feuille d'aluminium sur support polyester ou kapton, installée avec la face aluminium vers l'intérieur, et entourant complètement les conducteurs. La feuille métallique est en contact permanent avec un fil de cuivre étamé enroulé en hélice, qui assure une connexion électrique entre le blindage et la masse du circuit. La couche métallique est en général très mince (environ 0.75 mm) et a donc une résistance relativement élevée par rapport à un blindage classique de type fil tressé, par exemple. Par conséquent, un blindage tressé est souvent utilisé si une protection supérieure est nécessaire.

Les blindages tressés sont faits de mailles de fils de cuivre, qui sont littéralement tissés en passant alternativement au dessus et au dessous l'un de l'autre, pour former une sorte de chaussette à la fois serrée et souple. Les fils peuvent être nus, étamés, argentés ou nickelés. Selon le type de connecteur utilisé, il peut être nécessaire de détresser ou de détendre un peu la chaussette pour terminer le blindage. D'un autre côté, la terminaison sur connecteur coaxial est particulièrement aisée, et préserve le blindage tout du long jusqu'au boîtier du connecteur. Les câbles à tresses de blindage multiples offrent une qualité supérieure et assurent une couverture de blindage d'au moins 85%.

Sur certains câbles le blindage tressé peut faire appel à plusieurs couches pour un blindage plus efficace. La présence de plusieurs couches évite les ouvertures au niveau de la tresse, sachant que même une ouverture minuscule peut constituer une fenêtre pour le bruit aux fréquences élevées. Les inconvénients des blindages multicouches sont notamment un poids supérieur et une souplesse réduite.

Les câbles équipés d'un tissu de blindage à plaquage cuivre ou nickel constituent des barrières fines, légères et très flexibles, assurant une bonne protection environnementale dans les environnements difficiles de type militaires ou aéronautiques.

Limitations des câbles blindés conventionnels

Les câbles blindés conventionnels risquent de voir leur blindage déchiré ou arraché lors d'une réparation ou d'une reprise. Ceci peut rendre le câble totalement inutilisable.

En outre, le grand nombre de câbles blindés présents dans des équipements comme des avions ou des véhicules au sol peuvent sensiblement augmenter le poids global, et compromettre l'agilité et la consommation. Cela doit être évité, qu'il s'agisse d'applications civiles ou militaires, et va à l'encontre d'autres mesures de réduction de poids comme l'utilisation croissante de la fibre de carbone. Un nombre important de câbles blindés peut aussi rajouter du poids, de l'encombrement et des coûts inacceptables pour de nombreux autres équipements hautes performances, comme des scanners médicaux, par exemple.

De plus, dans les systèmes avioniques, les radiofréquences omniprésentes sont devenues une préoccupation qui nécessite des blindages efficaces aux fréquences extrêmement élevées.

Blindage thermo-rétrécissable

La gaine blindée conductrice thermo-rétrécissable (Figure 1) permet aux concepteurs de répondre aux problèmes de maintenance, de poids et de blindage haute fréquence, en proposant un blindage EMI léger et enveloppant, associé à une protection mécanique et environnementale pour les fils et les câbles. Cette approche permet de gagner 40 à 65% de poids par rapport à un blindage conventionnel à tresse métallique, et permet aussi de réduire les coûts de main-d'oeuvre.

Figure 1. La gaine conductrice thermo-rétrécissable est la base d'un système de blindage de câbles efficace et léger.

La couche externe en polyoléfine de la gaine thermo-rétrécissable résiste à l'abrasion et aux produits chimiques. La couche intérieure est revêtue d'une encre conductrice à l'argent qui assure l'isolement EMI et la mise à la masse. Plusieurs qualités de polyoléfine sont disponibles pour offrir tout un éventail de propriétés environnementales et électriques, selon les besoins des différentes applications militaires et aéronautiques. Le blindage thermo-rétrécissable est typiquement appliqué lors de l'assemblage initial du produit, mais peut aussi servir à ajouter une protection d'isolement ou une protection EMI supplémentaire à des systèmes électriques déjà en service. Le blindage thermo-rétrécissable fait appel aux techniques et outils classiques utilisés pour la gaine thermo-rétrécissable standard.

Pour créer un blindage haute performance et léger pour un faisceau de câbles, un système de blindage EMI thermo-rétrécissable complet, comme le CHO-SHRINK® 1061 est nécessaire. En plus de sa gaine à revêtement conducteur qualifiée MIL-R-46846 type 5, ce système comprend aussi des raccords, des transitions, des manchons, des sur-manchons de connexion, et un adhésif/mastic conducteur fusible à chaud. Ce système assure un niveau élevé de protection environnementale et d'étanchéité, un blindage EMI/RFI/ESI à 360°, une atténuation de 70 à 80 dB au-dessus de 500 MHz, et une résistance au feu conforme UL VW-1 et CSA OFT. Les matériaux répondent aussi aux spécifications de dégazage de la NASA, permettant leur utilisation pour des applications aéronautiques, comme les satellites.

Système de blindage complet
Les concepteurs peuvent utiliser les divers composants de ce système pour réaliser un faisceau complètement étanche, avec un blindage correctement terminé jusqu'aux connecteurs. Aucune soudure n'est nécessaire.

L'approche recommandée est de disposer le faisceau avec toutes ses branches en place, et de prévoir à quels endroits des manchons de connexion ou des transitions doivent être placées autour du câble. Des éléments de continuité doivent être enfilés jusqu'aux endroits voulus, puis thermo-rétrécis contre le paquet de fils, comme indiqué en Figure 2. Ces éléments sont métallisés sur la surface externe.

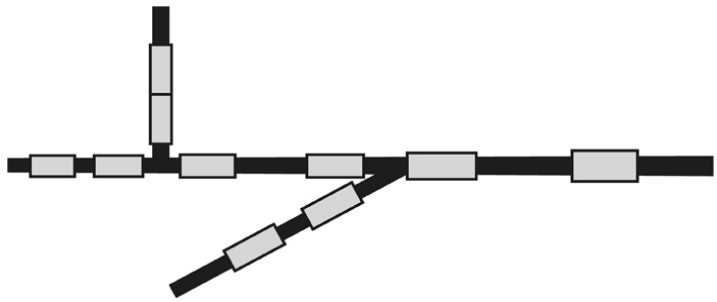

Figure 2. Les pièces de transition à métallisation externe sont positionnées en premier.

L'étape suivante consiste à glisser les morceaux de gaine conductrice coupés à longueur, et dont la face interne est métallisée, en position sur les éléments de continuité, en laissant une

certaine longueur de surface conductrice exposée à chaque extrémité. La chaleur est ensuite appliquée pour rétrécir les tubes, et des éléments de transition sont ensuite disposés aux intersections du faisceau. À ce stade, le faisceau est correctement aligné, et enfermé dans un blindage protecteur comme illustré en Figure 3.

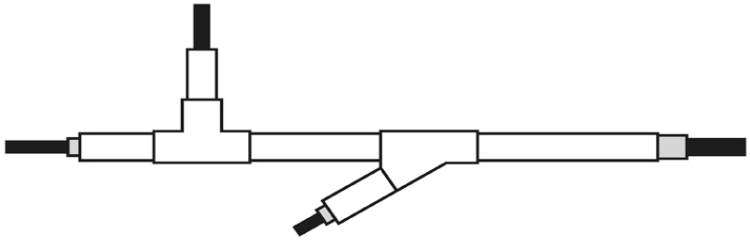

Figure 3. Faisceau blindé, prêt pour le montage et la terminaison des connecteurs.

Les connecteurs sont alors montés et terminés à l'aide de manchons et de sur-manchons conducteurs CHO-SHRINK. Les sur-manchons sont appliqués en dernier, et sont rétrécis sur les fils entrant dans le connecteur (ou l'adaptateur), et sur la partie métallisée exposée de l'extrémité du câble.

Les sur-manchons CHO-SHRINK sont fournis avec un mastic adhésif conducteur fusible à chaud, présent à chaque extrémité, qui s'écoule lors du thermo-rétrécissement pour former un joint étanche efficace, sans nuire au blindage EMI. Des adaptateurs de manchons thermo-rétrécissables, qui fournissent une surface moletée ou cannelée, peuvent également être utilisés pour augmenter la résistance aux efforts de couple ou d'arrachement.

Conclusion

Le blindage de câble thermo-rétrécissable offre des options et une souplesse supplémentaires aux concepteurs à la recherche d'une solution performante, légère et démontable, utilisable dans de nombreux cas pour des applications militaires ou civiles. Le système de blindage complet présenté, comporte tous les composants nécessaires à la réalisation d'un faisceau de câbles blindé, et permet de réduire au maximum le temps d'assemblage, tout en assurant des performances et une fiabilité optimum.