

utilisation d'un blindage EMI pour assurer la conformité à la compatibilité électromagnétique

Mark Patrick (Mouser Electronics)

Dans cet article, nous abordons l'importance du blindage contre les interférences électromagnétiques (EMI), lequel permet d'assurer la conformité à la compatibilité électromagnétique (CEM), en particulier dans le contexte des technologies modernes telles que la 5G et l'Internet des objets (IoT). Cet article porte également sur les divers matériaux, techniques et stratégies de blindage EMI que les ingénieurs peuvent utiliser tout au long du processus de conception pour prévenir les interférences et garantir la fiabilité des produits.

En raison des avancées technologiques, notamment du déploiement de la 5G et de l'impact croissant de l'Internet des objets (IoT), la demande de blindage contre les EMI augmente. Garantir la conformité à la compatibilité électromagnétique (CEM) et la réduction des sources d'EMI dès le début du processus de conception est essentiel pour éliminer l'inefficacité, éviter les ajustements coûteux et prévenir les retards dans le lancement des produits. Du boîtier au module en passant par le circuit imprimé (PCB), il est possible d'intégrer un blindage EMI dans chaque élément ou sous-système. Les ingénieurs disposent d'un large éventail d'options de blindage pour chaque étape du processus de conception dans presque toutes les applications, qu'il s'agisse d'infrastructures commerciales ou énergétiques, de la défense ou de l'automobile. Cet article offre aux ingénieurs un aperçu des avancées technologiques qui remettent en question les approches actuelles du blindage EMI et fournit une vue d'ensemble des matériaux disponibles sur le marché.

Omniprésence des interférences électromagnétiques

Les champs électromagnétiques sont une caractéristique commune à presque tous les circuits. Des champs électriques oscillants et des lignes de flux magnétique (voir

figure 1) se produisent autour du circuit lorsqu'un courant alternatif circule le long d'un câble ou à travers une piste de PCB. Lorsque ces champs sont induits ou transmis à un autre circuit ou câble, cela se traduit par du bruit ou des interférences indésirables. Ce bruit indésirable, généralement appelé EMI, peut perturber ou interrompre le fonctionnement de l'autre circuit. Une décharge électrostatique (ESD) est une autre forme d'EMI. Les ESD se produisent généralement à des fréquences variables, tandis que les EMI sont permanentes. Tout transitoire de haute tension et de courte durée (dV/dt élevé) peut entraîner un fonctionnement erratique ou des dommages permanents sur les systèmes électroniques sensibles. La plupart des systèmes électroniques génèrent des EMI de manière non intentionnelle, notamment les horloges, les commutations numériques à grande vitesse, les convertisseurs CC/CC et les interfaces sans fil.

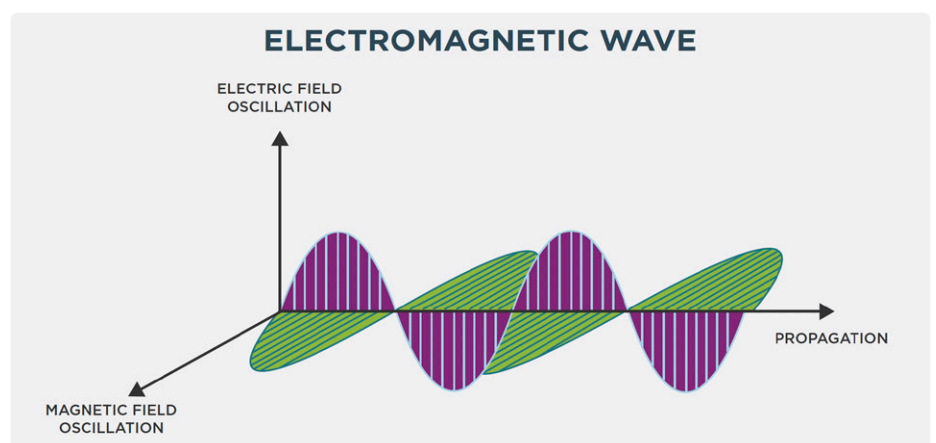


Figure 1. Champs magnétiques et électriques d'une onde électromagnétique. (Source de toutes les images : Kemtron Ltd, qui appartient désormais à TE Connectivity)

Les émissions d'EMI se retrouvent dans d'autres circuits par conduction ou par rayonnement. Par exemple, les horloges à petit signal qui passent le long d'une piste de circuit imprimé peuvent rayonner, généralement au-dessus de 10 MHz, car les pistes deviennent de véritables antennes. Le principe de la CEM est qu'un circuit ou un système est immunisé contre les EMI (voir **figure 2**).

Dynamique et tendances du marché

La connectivité permanente est désormais partout. Que ce soit à la maison, en déplacement, au travail ou dans notre voiture, jamais une infrastructure de communication fiable et résiliente n'a apporté autant de bénéfices. L'essor de l'IoT et de son pendant, l'Internet industriel des objets (IIoT), ainsi que la croissance des communications cellulaires ont renforcé notre besoin et notre dépendance à l'égard des communications sans fil, qui, malheureusement, sont à la fois un outil essentiel et une source potentielle d'EMI. Le déploiement des infrastructures sans fil 5G, qui utilisent un spectre sans fil à ultra-haute fréquence précédemment inutilisé, élargit encore plus la possibilité d'EMI. Par conséquent, il n'a jamais été aussi important de veiller à ce que les produits soient protégés contre les EMI.

Normes de compatibilité électromagnétique

Les normes CEM nationales et régionales, qui s'alignent généralement sur les normes CEM internationalement reconnues (voir **figure 3**), fournissent aux fabricants les spécifications auxquelles les produits doivent répondre avant d'être vendus. Les normes stipulent les émissions maximales autorisées pour le développement d'un produit et son immunité ou sa susceptibilité aux émissions par rayonnement ou par conduction. À chaque nouvelle conception, il est recommandé aux ingénieurs concepteurs d'envisager la possibilité d'EMI et d'intégrer des contre-mesures CEM au cours du processus de prototypage plutôt que de procéder à des ajustements ultérieurs. Il est primordial de comprendre les normes EMI et CEM applicables, les éventuelles sources d'émissions et les fonctions du circuit qui peuvent être plus sensibles au bruit EMI (voir **tableau 1**).

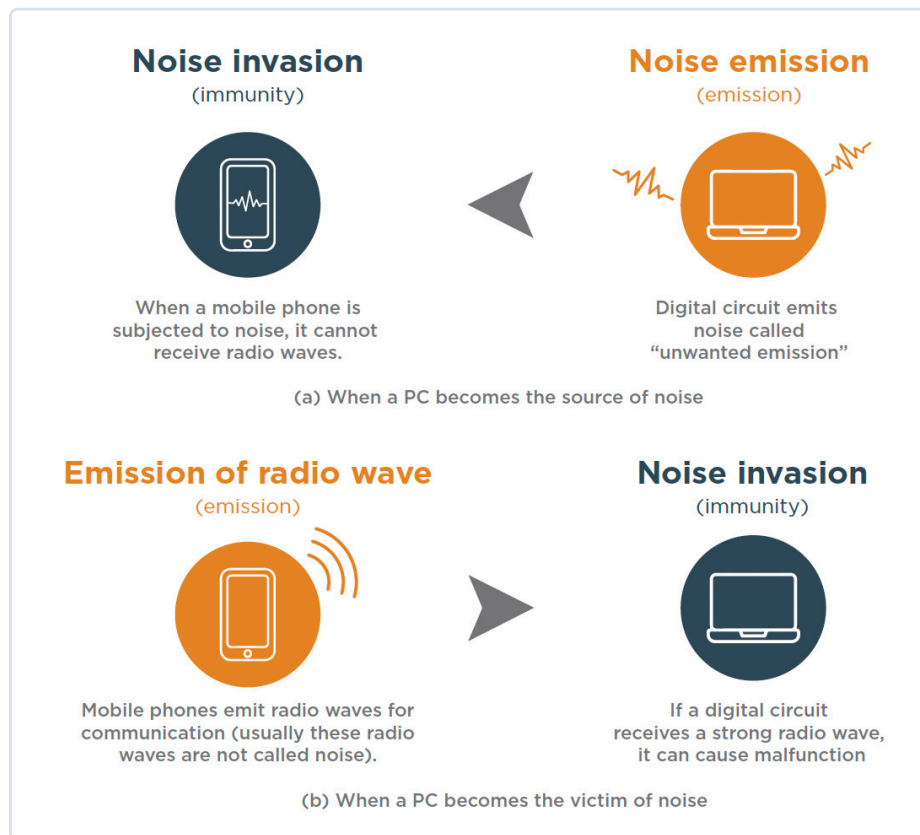


Figure 2. L'immunité aux émissions EMI est essentielle pour assurer la conformité CEM.

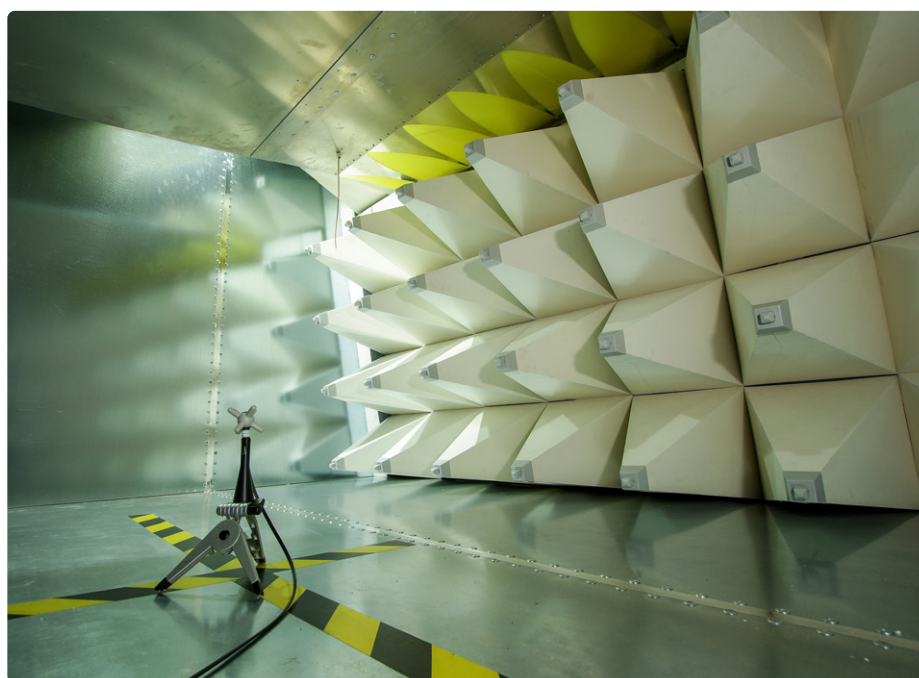


Figure 3. Essai de pré-conformité d'un dispositif testé aux émissions d'EMI.

Tableau 1. normes EMI et CEM courantes, détaillées par secteur et par application.

Application / Industry	EMC Standard
Aerospace, Defense and Marine equipment	DEF STAN 59-411 MIL-STD-461 MIL-STD-704 MIL-STD-1275 MIL-STD-1399
Automotive components	IEC CISPR 25 ISO 11451 ISO 11452 ISO 7637 SAE (multiple numbers)
Commercial equipment	FCC Part 15 class B IEC 61000-6-1 (generic) IEC 61000-6-3 (generic)
Industrial devices	FCC Part 15 class A IEC 61000-6-2 (generic) IEC 61000-6-4 (generic)
Medical devices	IEC 60601-1-2
Power station and substitution equipment	IEC 60000-6-5
Power station and measurement equipment (<1000 V AC, 1500 V DC)	IEC 61326-1
Switch gears and control gears (1000 V AC, 1500 V DC)	IEC 60947-1

IEC: International Electrotechnical Commission
ISO: International Organization for Standards
SAE: Society of Automotive Engineers
FCC: Federal Communications Commission

(Source : Kemtron Ltd, now part of TE Connectivity)

Obtention de la certification CEM

Bien qu'un centre d'essais CEM accrédité ne puisse effectuer que la certification CEM, l'équipe d'ingénieurs peut se pencher sur un certain nombre d'éléments avant de remettre le produit au laboratoire d'essais. Les mesures de base des émissions rayonnées et conduites effectuées à l'aide d'un analyseur de spectre ou d'un récepteur EMI équipé de sondes de champ H et E appropriées indiqueront si des essais supplémentaires ou des contre-mesures EMI sont nécessaires. S'il s'agit d'équipements de test coûteux pour une petite équipe de conception de produits, les sociétés spécialisées dans la location d'équipements de test et de mesure des EMI représentent une alternative rentable. Il est vivement recommandé de procéder à des essais de pré-conformité, car ils permettent à l'équipe de conception

de localiser les sources de bruit potentielles et de mettre en œuvre des méthodes de réduction des EMI, telles que le blindage,

les plans de masse et le découplage. Il est également important d'exposer un produit aux émissions d'EMI.

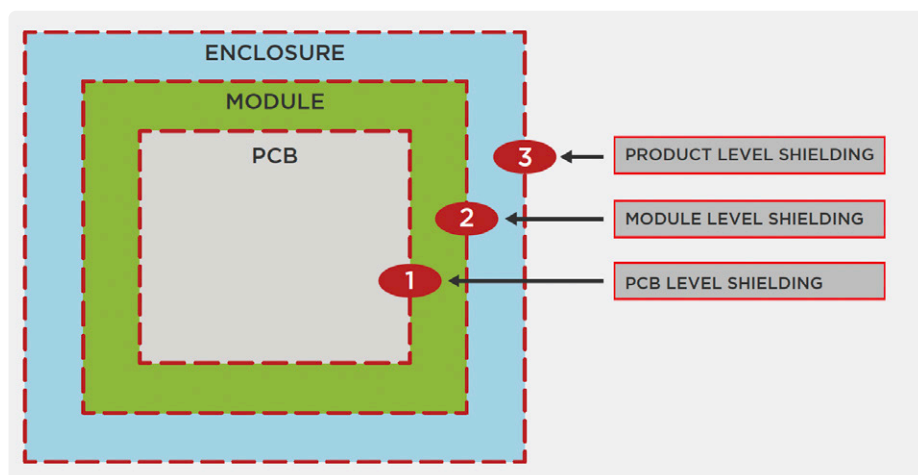
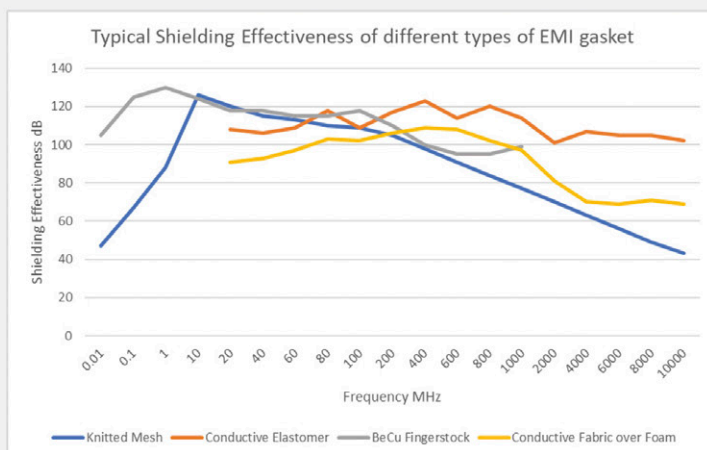


Figure 4. Approche à trois niveaux pour la mise en œuvre du blindage EMI.

SHIELDING EFFECTIVENESS



KNITTED WIRE MESH

H field (magnetic) shielding 62dB @ 10Khz achievable. SE falls off after 1GHz

CONDUCTIVE ELASTOMERS

Shielding with wide frequency range, >100dB upto 10GHz E field.

FABRIC OVER FOAM

Shielding with wide frequency range, >100dB upto 10GHz E field.

BERYLLIUM COPPER FINGERS

Shielding with wide frequency range, >100dB upto 10GHz E field.

Figure 5. Caractéristiques d'atténuation des EMI de quatre méthodes courantes de blindage en fonction de la fréquence.

Niveaux de blindage EMI

La réduction des EMI et l'immunisation des fonctions des circuits contre les EMI nécessitent une approche systématique tout au long du processus de conception du produit. Cela inclut certains aspects de la conception du circuit imprimé, l'incorporation de plans de masse et la séparation des dispositifs bruyants des EMI des chaînes de signaux analogiques sensibles. Le blindage des composants, des parties fonctionnelles et des modules offre une approche pratique pour de nombreuses applications, basée sur une méthode à trois niveaux, axée sur le boîtier, le module et le PCB (voir **figure 4**). Le blindage contre les émissions rayonnées consiste à créer une cage de Faraday autour de la source d'EMI. La mise en œuvre d'un blindage au niveau du boîtier réduit toute source de bruit potentielle sortant ou entrant. Cependant, certaines fonctions du circuit peuvent nécessiter des niveaux de protection supplémentaires afin d'éviter que les EMI internes n'aient un impact sur d'autres fonctions du circuit. Le blindage au niveau modulaire est très utile. Il est régulièrement utilisé autour des modules sans fil, des convertisseurs de commutation CC/CC et des panneaux LCD. Il peut s'avérer nécessaire de prévoir un blindage au niveau de la carte pour les composants sensibles, tels qu'un convertisseur analogique-numérique.

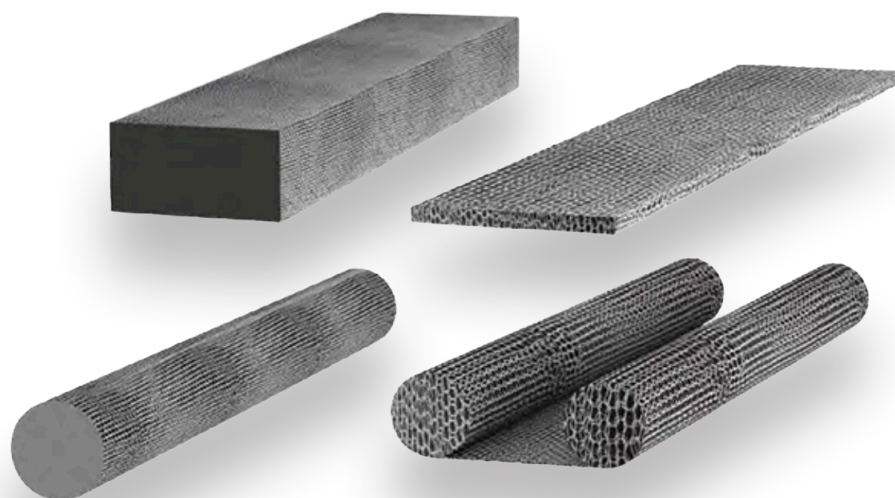


Figure 6. Les joints en treillis métallique tricoté Kemtron de TE Connectivity sont disponibles en longueurs continues et façonnés dans des dimensions spécifiques.

mérique. Le blindage convient également pour toute forme d'interconnexion, de sorte qu'il ne faut pas oublier d'empêcher les émissions rayonnées de s'échapper par les presse-étoupes, les fiches et les prises.

Matériaux de blindage EMI

Parmi les composants de blindage EMI, on peut citer les joints en treillis métal-

lique tricoté, les élastomères conducteurs d'électricité, les tissus conducteurs et les doigts métalliques. Chaque type présente des caractéristiques d'atténuation des EMI légèrement différentes et convient à des cas d'utilisation spécifiques. La **figure 5** illustre les performances d'atténuation de ces quatre types de blindage en fonction de la fréquence.



Figure 7. Les élastomères conducteurs de Kemtron / TE Connectivity permettent une atténuation jusqu'à 100 dB, à 10 GHz.


Treillis métallique tricoté : l'utilisation de plusieurs couches de fils tricotés sur une éponge ou un tube en utilisant différents matériaux de maillage offre une solution efficace contre les interférences électromagnétiques et une compatibilité galvanique. Cette méthode permet la fabrication de formes complexes et le collage à des matériaux porteurs pour créer une protection contre la pénétration. Le blindage à mailles convient à divers cas d'utilisation, y compris les portes d'armoires, les couvercles et les plaques de recouvrement amovibles. Les performances du blindage tendent à diminuer au-delà de 1 GHz, à moins que des couches supplémentaires ne soient incorporées. Parmi les exemples, on peut citer la gamme Kemtron de TE Connectivity de joints en treillis métallique tricoté (voir **figure 6**), disponible en longueurs coupées ou fabriquée en formes de joints finis [1].

Élastomères conducteurs d'électricité : disponible en divers matériaux et formes, la gamme de Kemtron Ltd (qui fait désormais partie de TE Connectivity) (voir **figure 7**) offre une atténuation supérieure à 100 dB jusqu'à 10 GHz [2]. Les matériaux

de remplissage comprennent l'aluminium argenté et le graphite revêtu de nickel, les options de liant comprennent le silicone ou le fluorosilicone. Les formes les plus courantes sont les feuilles, les joints plats et les joints toriques. Les joints toriques «contre-écrou» sont conçus explicitement pour le blindage RF EMI et sont disponibles pour les formats de connecteurs les plus courants [3].

Grille de ventilation en nid d'abeille : pour les applications où le refroidissement par air forcé utilise un ventilateur, l'ouverture du ventilateur offre une voie d'échappement directe du bruit d'un boîtier par ailleurs étanche aux interférences électromagnétiques. Pour éviter cela, l'utilisation d'une grille de ventilation en nid d'abeilles, comme celles de la gamme Kemtron/TE Connectivity, offre une meilleure performance EMI tout en permettant un flux d'air adéquat grâce à sa construction de cellules en nid d'abeilles laminées, à une seule couche de feuille d'aluminium. Les grilles sont disponibles dans toutes les tailles de ventilateurs courantes, de 40 mm à 120 mm [4].

Conformité à la CEM grâce aux blindages EMI

Les interférences électromagnétiques provenant des émissions sonores indésirables des équipements perturbent le bon fonctionnement des systèmes. Le respect de la CEM est une exigence réglementaire et une nécessité pour éviter un comportement erratique des systèmes. Ce bref article présente quelques méthodes de blindage que les ingénieurs peuvent mettre en œuvre pour améliorer l'immunité aux interférences électromagnétiques. 

240531-04



À propos de l'auteur

En tant que directeur du contenu technique chez Mouser Electronics dans la région EMEA, Mark Patrick est responsable de la création et de la diffusion du contenu technique dans la région – un contenu essentiel à la stratégie de Mouser pour soutenir, informer et inspirer le public technique. Avant de prendre la direction du contenu technique, Mark Patrick faisait partie de l'équipe EMEA Supplier Marketing de Mouser et a joué un rôle important dans l'établissement et le développement de relations avec les principaux partenaires de fabrication. L'expérience antérieure de Mark comprend des tâches pratiques d'ingénieur, l'assistance technique, les ventes techniques de semi-conducteurs et divers postes de marketing. Mark est un ingénieur pratique et possède un diplôme de premier ordre en génie électrique de l'université de Coventry. Il est passionné par les vieux synthétiseurs et les motos britanniques, et n'hésite pas à les entretenir ou à les réparer.

LIENS

- [1] Treillis métallique tricoté : <https://www.mouser.de/new/te-connectivity/te-kemtron-knitted-wire-mesh-gaskets/>
- [2] Élastomères conducteurs d'électricité : <https://www.mouser.de/new/te-connectivity/te-kemtron-emi-connector-gaskets/>
- [3] Joints toriques contre-écrou : <https://www.mouser.de/new/te-connectivity/te-kemtron-jam-nut-seals/>
- [4] Grille de ventilation en nid d'abeille : <https://www.mouser.de/new/te-connectivity/te-kemtron-honeycomb-air-vents/>